МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

АССОЦИАЦИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ

АССОЦИАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ УНИВЕРСИТЕТОВ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. Р.Е. Алексеева»

Министерство образования и науки Нижегородской области

приоритет

Передовые инженерные школы

СОЮЗ МАШИНОСТРОИТЕЛЕЙ РОССИИ

СМУиС НГТУ

XXV

Всероссийская молодежная научно-техническая конференция

БУДУЩЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ НАУКИ

Посвящена 110-летию со дня рождения конструктора Р.Е. Алексеева 125-летию со дня рождения конструктора М.В. Веселовского и 150-летию со дня рождения изобретателя Г.В. Тринклера

14-15 мая 2026 г.

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Министерство образования и науки Нижегородской области
Ассоциация инженерного образования России
Ассоциация технических университетов
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева»

БУДУЩЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ НАУКИ

Сборник материалов
XXV Всероссийской молодежной
научно-технической конференции,
посвященной 110-летию со дня рождения
конструктора Р.Е. Алексеева,
125-летию со дня рождения конструктора М.В. Веселовского
и 150-летию со дня рождения изобретателя Г.В. Тринклера

Нижний Новгород, 14-15 мая 2026 г.

Нижний Новгород 2026

УДК 62
ББК 30
Б 903

Будущее технической науки: сборник материалов XXV Всероссийской молодежной научно-техн. конф.; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2025. – 771 с.

В тезисах докладов излагаются актуальные вопросы развития научно-исследовательских, опытно-конструкторских разработок в различных отраслях промышленности, а также представлена их реализация в рамках молодежных инновационных проектов. Рассматриваются вопросы транспорта, машиностроения, приборостроения, материаловедения, электро- и ядерной энергетики, химии и химических технологий, радиоэлектроники и информационных технологий, а также социально-экономические и философско-методологические проблемы технической науки и инженерного творчества.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

А.А. Куркин (председатель), **В.В. Беляков** (ответственный секретарь конференции),
К.О. Гончаров, А.Б. Дарьенков, М.А. Легчанов, Р.Ш. Бедретдинов, А.Е. Жуков,
О.А. Казанцев, В.П. Хранилов, Н.А. Мурашова, Ю.М. Лукьянова,
М.В. Кангин, Т.Л. Михайлова, В.И. Казакова

ISBN 978-5-502-01999-6

© Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, 2026

СОДЕРЖАНИЕ

История в лицах 5
1. Радиоэлектроника и информационные технологии 26
1.1. Радиоэлектронные системы и устройства 26
1.2. Конструирование и технология радиоэлектронной аппаратуры 43
1.3. Телекоммуникации 84
1.4. Информационные технологии 99
1.5. Техническая кибернетика 122
2. Электроэнергетика 150
2.1. Автоматизация систем электрооборудования 150
2.2. Эффективность систем электроэнергетики 173
2.3. Преобразователи параметров электрической энергии 196
3. Машиностроение 213
3.1 Промышленные технологии в машиностроении 213
3.2 Автоматизация в машиностроении 263
4. Наземные транспортные средства и транспортно-технологические комплексы 298
4.1. Конструирование наземных транспортных средств 298
4.2. Эксплуатация наземных транспортных средств 307
4.3. Автотракторные двигатели внутреннего сгорания 419
4.4. Строительные и дорожные машины 424
4.5. Системы трубопроводного транспорта 430
5. Морская, авиационная техника и кораблестроение 435
5.1. Кораблестроение и авиационная техника 435
5.2. Энергетические установки 461
5.3. Прочность, надежность и ресурс конструкции 469
6. Материаловедение, металлургия и заготовительные производства машиностроения 474
6.1. Материаловедение 474
6.2. Металлургия и заготовительные производства машиностроения 487
7. Физика ядерных и волновых процессов, технологии установок 499
7.1. Ядерная энергетика 499
7.2. Физика волновых процессов 518
8. Медицинская инженерия и биотехнология 532
8.1. Медицинская инженерия 532
8.2. Промышленная биотехнология и биоинженерия 540
9. Химия, химические технологии и нанотехнологии 546
10. Приборостроение и автоматизация технологических процессов 594
11. Экономика, менеджмент и инновации 628
12. Управление коммуникациями в реальном секторе экономики 650
13. Научное общество учащихся 693
14. Философско-методологические проблемы технознания 729
15. Студенческие инженерные проекты 760

Оргкомитет XXV Всероссийской молодежной научно-технической конференции «Будущее технической науки», посвященной 110-летию со дня рождения конструктора Ростислава Евгеньевича Алексеева, 125-летию со дня рождения конструктора Михаила Викторовича Веселовского и 150-летию со дня рождения инженера Густава Васильевича Тринклера приветствует всех участников в стенах Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева. Конференция ежегодно собирает для обмена опытом сотни молодых ученых, аспирантов, магистрантов и студентов российских вузов.

Исторический путь технического университета связан с достижениями советской и российской научной школы. Выпускники НГТУ – Р.Е. Алексеев, И.И. Африкантов, сотрудники – почетный полярник СССР А.Ф. Николаев, создатель бескомпрессорного дизельного двигателя Г.В. Тринклер, специалист в области атомного энергомашиностроения Ф.М. Митенков. Для современных студентов и молодых ученых они являются примером.

Ростислав Евгеньевич Алексеев – легендарный советский конструктор, главный конструктор судов на подводных крыльях и экранопланов, Лауреат Сталинской, Ленинской и Государственных премий, выдающийся выпускник НГТУ. Под руководством Алексеева на свет появились «Ракеты», «Буревестники», «Метеоры» и другие крылатые суда, совершившие революцию в области скоростного пассажирского движения по воде. Другое детище Ростислава Евгеньевича – экранопланы – стали новой вехой в истории транспорта. Суда на динамической воздушной подушке развивали скорости самолета и могли базироваться на воде или на суше. Ростислав Евгеньевич основал Центральное конструкторское бюро, которое ныне носит его имя и выпускает современные «Валдаи» и «Метеоры».

Михаил Викторович Веселовский – основатель в НГТУ нижегородской научно-практической школы транспортного снеговедения, конструктор и организатор производства боевых аэросаней – оружия Победы. В 1941-1949 годах Веселовский руководил опытно-конструкторским бюро (ОКБ) по аэросанному производству на базе Горьковского автомобильного завода им. В.М. Молотова. За период с 1941 по 1944 год в бюро под руководством Веселовского было разработано и внедрено в производство шесть новых конструкций аэросаней серии РФ и более 10 модификаций аэросаней серии НКЛ, в том числе оснащенных тяжелым минометным и ракетным вооружением.

Густав Васильевич Тринклер – русский инженер с немецкими корнями, работал в НГТУ с 1917 года, а в период с 1941 по 1949 занимал должность заведующего кафедрой «Двигатели внутреннего сгорания» ГПИ им. А.А. Жданова (ныне НГТУ). Густав Васильевич сконструировал и организовал производство двигателей внутреннего сгорания на заводах Санкт-Петербурга, Ганновера и Нижнего Новгорода, создал первый в мире бескомпрессорный двигатель внутреннего сгорания с воспламенением топлива от сжатия, именуемый как «Тринклер-мотор», работающий по «циклу Тринклера». Результаты испытания «Тринклер-мотора» вызвали восхищение специалистов достигнутым результатом (КПД равен 29 %), в то время как у Дизеля КПД было на 10% меньше.

Конференция проводится в рамках реализации Программы стратегического академического лидерства «Приоритет 2030» НГТУ им. Р.Е. Алексеева и является площадкой для реализации образовательных задач Передовой инженерной школы НГТУ. Конференция входит в календарь празднования 110-летия со дня рождения Алексеева и календарь Союза машиностроителей России. Конференция способствует выявлению и поддержке талантливых студентов, закреплению научных кадров, играет важную роль в профориентационной работе.

Конференция «Будущее технической науки» организована с целью содействия профессиональной деятельности молодых ученых, создания уникальных условий для апробации научных изысканий и исследований, закрепления молодых кадров в науке.

Оргкомитет

ИСТОРИЯ В ЛИЦАХ

УДК 001(470+571)(09)+54(57)

АКИМОВА Т.И.

ВЕЧНОЕ ЖЕЛАНИЕ ТВОРИТЬ НОВОЕ. К 150-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ Г.В.ТРИНКЛЕРА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Одной из приоритетных задач, стоящих перед современном российским обществом, является развитие техники за счет привлечения инноваций, изобретений. Первоочередным в ее решении становится развитие творческих способностей молодого поколения. Молодым изобретателям, всем, кто увлечен техническим творчеством, полезно знакомиться с биографиями известных изобретателей, с тем, как они приходили в мир техники, что способствовало их успеху, какие трудности сопровождали их путь.

Густав Васильевич Тринклер – русский изобретатель, доктор технических наук, профессор Горьковского института водного института и Горьковского индустриального института имени А. А. Жданова, работавший над созданием и внедрением в производство двигателей на Сормовских заводах, Коломенском машиностроительном заводе, КБ НКВД.

Главным достижением Г.В. Тринклера является создание цикла работы ДВС, ставшего классическим наряду с циклами ДВС Отто и Дизеля. Принцип непосредственного впрыска топлива в камеру сгорания, использованный Тринклером в конструкции своего мотора, стал стандартом для всех современных дизельных двигателей. На стадии испытаний опытного образца в 1900 году двигатель Тринклера продемонстрировал КПД 29%. Это изобретение принесло ему всемирную известность. Отмечая 150-летие со дня его рождения, обратимся к началу жизненного пути, к его формированию, как изобретателя.

Густав Тринклер родился 24 апреля 1876 года в Санкт-Петербурге. В год его рождения Николас Отт создал рабочую модель четырехтактного двигателя внутреннего сгорания. Четырехтактный цикл работы двигателя получил название «цикл Отто». Через двадцать лет после этого события Густав Тринклер разработает проект двигателя, в работе которого использовался цикл со смешанным подводом теплоты, названный его именем – «цикл Тринклера».

Семья Каспари, из которой происходила мать Густава, была многонациональной – итальянцы, поляки, немцы, французы, швейцарцы – всю Европу представлял этот старый род, давший миру педагога Песталоцци. Мать, Аделаида Адольфовна, имела аттестат домашней учительницы, выданный Московским университетом. У семьи Тринклеров также были эстонские, немецкие, шведские корни. Все в семье имели образование и стали известными в своей профессии: врачи, научные работники. Отец служил чиновником на Кренгольмской мануфактуре, был почетным гражданином Санкт-Петербурга.

Годы обучения Густава Тринклера сначала проходили в четвертой мужской Ларинской гимназии, находившейся на Васильевском острове − одной из первых гимназий Санкт-Петербурга. Гимназия имела некоторый коммерческий в сторону предпринимательской, торговой деятельности. В одной из двух образовательных программ присутствовал английский язык (как международный язык торговли) и естественнонаучные предметы. В настоящее время в здании Ларинской гимназии размещен один из корпусов Петербургского университета.

В гимназии и институте Г.В. Тринклер не только приобрел необходимые знания, в это время были развиты те качества Густава Васильевича, которые способствовали его становлению как изобретателя и педагога.

Время обучения в гимназии стало периодом серьезного увлечения пожарным делом. Густав стал частым посетителем Петербургского пожарного депо. Интерес к пожарному депо был настолько сильным, что Густав тратил по три часа на дорогу туда и обратно.

Петербургское депо было известно в России благодаря производившимся здесь с 1833 г. пожарным лестницам, которые пользовались спросом по всей стране. В депо Густав познакомился с механиком Алексеем Алексеевичем Сергеевым, ставшим ему старшим другом и наставником. В депо Г. Тринклер узнавал много нового, со временем ему стали доверять выполнение некоторых работ. Здесь он впервые увидел паровую машину, познакомился с процессом отливки бронзовых деталей и получил первый опыт кузнечного дела. По предложению А.А. Сергеева Тринклер построил первое свое изобретение – пожарную трубу. Она качала воду и давала струю до четырех метров.

Уже в четвертом классе гимназии Густав, посоветовавшись с матерью, решил, что после окончания гимназии будет учиться в Технологическом институте. Все интересы Густава вне гимнастических стен были связаны с механикой; Густав не только практиковался в работе, но активно занимался самообразованием, покупая и изучая специальную литературу по механике. Он начал посещать Александровский сталелитейный завод, а в 1881 г. − механический завод на острове Голодай. С 1891 г. 16-летний гимназист с помощью инженера А.Н. Чикалева получил пропуск на Балтийский судостроительный завод, факт сам по себе удивительный и показательный. На заводе Густава допускали и к некоторым работам, также он научился работать на токарном станке по дереву.

В 1892 г. Г. Тринклер задумался над проектом паровой машины. «Я чувствовал в себе “изобретательский зуд” и считал, что я по примеру Томаса Эдисона должен что-либо изобрести в возрасте около 15-16 лет», − так с юмором вспоминал он о своих юношеских амбициозных планах [1, 28]. С помощью консультировавших его инженеров удалось самостоятельно подготовить проект и выполнить чертежи паровой машины. Началась работа по отливке деталей, которую Густав также осуществлял самостоятельно. Позже он вспоминал, что проектирование паровой машины дало хорошую техническую практику, которая пригодилась в учебе в технологическом институте.

Начав заниматься техническим творчеством, Г. Тринклер не мог обойти своим вниманием деятельность самого авторитетного в этот период технического общества – Императорского Русского Технического общества (РТО). В 1892 г. он посетил выставки, устроенные Электротехническим отделом РТО, и увлекся электричеством.

Пожарное дело, электричество, кораблестроение – разнообразие юношеских интересов Г.В. Тринклера формировали технический кругозор, приучало к работе с литературой, самообразованию. Знакомство с производством закладывало навыки коммуникации как с рабочими, мастерами, так инженерами и дирекцией. Уже к моменту поступления в Технологический институт Густав Тринклер имел навыки слесарной, столярной, литейной работы, умел неплохо чертить.

Подготовка к поступлению в институт шла на протяжении последних двух классов гимназии. Густав рассчитывал, что его проект паровой машины поможет составить о нем надлежащее впечатление при поступлении в институт. Осенью 1893 г. он принес чертежи своей машины мощностью 1/8 л. с. для консультации на Балтийский завод, где получил одобрение со стороны инженеров завода. Весной 1894 г. перед поступлением в институт он обратился за поддержкой к директору гимназии Ивану Аникитичу Смирнову. И директор с энтузиазмом поддержал Густава в его работе, предложив со своей стороны не только дать рекомендательные письма, но и представить его проект в Технологический институт через министерство.

Окончив в 1894 г. Ларинскую гимназию с серебряной медалью, Г. Тринклер начал готовиться к вступительным испытаниям в Санкт-Петербургский практический технологиче-

ский институт, которые он успешно выдержал. Первые два года учебы были очень трудными из-за больших учебных нагрузок.

В 1896 г. он устроился работать на лето на Нижегородскую ярмарку. Здесь можно было увидеть образцы российской техники – паровые машины, котлы, разнообразные технические новинки. Медали, которыми ярмарка награждала лучшие товары, являлись гарантией их качества. На Нижегородскую ярмарку приезжали известные инженеры. Работа на ярмарке давала возможность составить представление о промышленности всей России, завести интересные личные знакомства с известными техническими специалистами.

1896 год был знаменательным для Нижегородской ярмарки. Вместе с ней проводилась XVI Всероссийская промышленная и художественная выставка. Первым местом работы Г. Тринклера был отдел XII «Машинный и электротехнический», а с июля 1896 г. и на протяжении четырех с половиной месяцев − отдел IX «Производства фабрично-заводские и фабрично-ремесленные». Этими отделами заведовал Михаил Ильич Кази, председатель Русского технического общества. Имя М.И. Кази было знакомо Г. Тринклеру по Балтийскому заводу, управляющим которого Кази был в период, когда он часто посещал завод.

Результатом работы на ярмарке стало увлечение керосиновыми и нефтяными двигателями и оформление в 1897 году первой патентной заявки (получил отказ). Именно эта работа стала основой дальнейших работа по создание бескомпрессорного двигателя собственной системы.

Летом 1897 г. Рудольф Дизель в г. Кассель (Германия) оповестил научный мир о своей удаче в создании двигателя, его доклад был напечатан в журнале «VD». Г. Тринклер прочитал этот доклад и испытал потрясение, решив, что теперь в этой области ему нечего делать. При анализе конструкции двигателя Дизеля, родилась конструкция распыливающего дифференциального поршенька, над реализацией которого и продолжилась работа.

На пятом курсе института Г. Тринклер был принят инженером-технологом в конструкторское бюро Путиловского завода. Он занимался проектированием станков для завода, а позднее и работой по своему двигателю. Отдавался он этому делу, как всегда, целиком и полностью и практически не оставил себе времени для подготовки в срок выпускного дипломного проекта. Выход предложил директор Путиловского завода Н.И. Данилевский: он ходатайствовал перед руководством Технологического института, чтобы эта работа была принята как дипломный проект «Двигатель высокого сжатия». Председателем дипломной комиссии по механическому отделению Технологического института на защите Г.В. Тринклера был известный военный инженер (инженер-генерал-лейтенант) почетный член Академии наук, председатель императорского Русского Технического общества Николай Павлович Петров, основоположник теории гидродинамического трения в машинах. Весной 1899 г. Г.В. Тринклер представил в квалификационную комиссию свой проект, который блестяще защитил. Успехи Тринклера в учебе были отмечены институтом. Его имя было занесено на мраморную доску вуза.

17 марта 1899 г. Г.В. Тринклер подал заявку на патент своего двигателя, который назывался «Аппарат для питания жидкими углеводородами цилиндров двигателей с внутренним горением». Рассмотрение заявки затянулось, и патент № 8766 был оформлен в России 30 апреля 1904 г., после того как были получены аналогичные патенты за границей.

Ему была дарована яркая, долгая – 80 лет, сложная жизнь русского изобретателя [2]. Г.В. Тринклер, как и тысячи его коллег прошел через многочисленные кампании и акции: борьба с «вредителями», борьба с космополитами, борьба за российское первенство в науке и технике… Выстоять, остаться в силах работать и творить, как это смог Г.В. Тринклер, – удел немногих. Умение признать и принять обстоятельства, этом использовать все возможности для самореализации формировались в юности и помогли выдержать все вызовы судьбы.

Библиографический список

1. Центральный архив Нижегородской области, ф. Р-6043, оп.1, д.86.

2. Акимова Т.И. Густав Васильевич Тринклер. Изобретатель и его эпоха: монография / Т.И. Акимова; Нижегород. гос. техн. ун-т. им. Р.Е. Алексеева. – Н. Новгород, 2013. 172с.

УДК 93/94.008:621.432

ВИЛКОВ Д.С., МИХАЙЛОВА Т.Л.

ИЗОБРЕТАТЕЛЮ «РУССКОГО ДИЗЕЛЯ» – 150

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Юбилейные события инициируют историко-научную рефлексию, что предполагает погружение в биографические сценарии ученых и изобретателей, напоминая нам, будущим инженерам, о прошлом и настоящем, отсылая к будущему инженерной мысли. В знаковые юбилейные дни возрастает интерес к истории *научно-технических школ* НГТУ им. Р.Е. Алексеева, информация о которых представлена на мемориальных досках корпусов технического университета, одна из которых посвящена Густаву Васильевичу Тринклеру [1, с.80] – основателю *отечественной школы двигателестроения*, чей 150-летний юбилей выпал на 2026 г. Так как история развития двигателей внутреннего сгорания есть нелинейный процесс, в котором есть немало инженеров, чьи достижения долго были недооценёнными, то *цель статьи* – рассмотреть научно-технические достижения Г.В. Тринклера, оценив масштаб личности выдающегося инженера с позиций современности, реконструировав важные вехи его профессиональной жизни. Г.В. Тринклер создал *технический артефакт*, называемый в научном сообществе «*русским дизелем*», что подчеркивает бесспорный вклад российского инженера-изобретателя в конструирование *первого в мире* двигателя высокого давления с воспламенением от сжатия, работавшим без особого компрессора, т.е. *первого бескомпрессорного двигателя*. Этот двигатель, построенный на русском заводе, разрешил принципиально «проблему двигателя с воспламенением от сжатия» более простым способом, чем это выполнялось в двигателях Р. Дизеля с компрессорным распыливанием [2].

В отличие от зарубежных разработок, ориентированных на сложные компрессорные системы подачи топлива, Г.В. Тринклер предложил принципиально *иную схему,* основанную на более рациональной организации рабочего процесса. Созданный им двигатель на жидком углеродном топливе – *качественно новый этап* в *развитии двигателей внутреннего сгорания*. Его принцип действия основывался на глубоком понимании термодинамических процессов, протекающих в цилиндре. В процессе сжатия воздуха до высоких температур создавались условия для самовоспламенения топлива, однако ключевой – не сам факт воспламенения, а *характер протекания процесса горения.* Г.В. Тринклер установил, что сгорание топлива не есть мгновенный акт, а протекает в виде последовательных фаз, включающих задержку воспламенения и последующее диффузионное горение [6, с. 54], что позволило перейти от упрощённых моделей к более реалистичному описанию рабочего процесса двигателя. Особое значение имело *развитие бескомпрессорной системы впрыска*, над которой он работал в 1900-1902 гг. [5, с. 132], что репрезентирует *второй этап создания современного дизельного двигателя* [2]. Он показал, что эффективное распыление топлива и его взаимодействие с турбулентным воздушным потоком привели к отказу от громоздких компрессорных установок. Это упростило конструкцию двигателя, повысив надёжность. Уже к 1905-1908 гг. эти двигатели распространились и в европейской практике, где их называли «*русскими дизелями*» [3, с. 78], что есть признание вклада Г.В. Тринклера в сферу дизелестроения.

Признанию изобретения предшествовало обучение в Санкт-Петербургском *технологическом институте*, где в конце XIX века сформировались его научные интересы, связанные с *повышением эффективности тепловых машин* [1, с. 112]. Этот период интенсивного поиска альтернатив паровым установкам, и Г.В. Тринклер одним из первых обратился к *идее*

двигателя с воспламенением топлива от сжатия. Уже в 1898-1900 гг. на Путиловском заводе были проведены испытания его опытных образцов, показавшие высокий уровень эффективности для своего времени [4, с. 87]. Несмотря на технический успех, развитие его работ в России оказалось затруднено. В начале XX века промышленная политика определялась интересами крупных капиталов, ориентированных на внедрение лицензированных зарубежных технологий. Работы Г.В. Тринклера по реализации своей инженерной идеи были остановлены, и он уехал в Германию, где продолжил деятельность на заводе братьев Кертис [4, с. 156]. Этот этап его жизни отражает *драматизм судьбы инженера*, чьи идеи находили признание за рубежом, но не получали должной поддержки на родине.

Возвращение в Россию и работа в Нижнем Новгороде – новый этап жизни, связанный с максимальной реализацией творческого потенциала. Густав Васильевич Тринклер – инженер, чья судьба оказалась тесно связанной с деятельностью Нижегородского политехнического университета, где он начал преподавательскую деятельность в 1917 году, когда институт именовался ещё Варшавским политехническим институтом. В условиях острой нехватки квалифицированных инженерных кадров его роль как педагога была крайне важна: он не просто читал лекции, но и формировал *целостную систему* подготовки инженеров. Его курсы отличались проработкой термодинамических основ работы двигателей [7, с. 45], вниманием к расчетным методам и обязательной связью с *практическими задачами* производства [3; 7]. Он стремился воспитать у студентов *инженерное мышление*, основанное на понимании физических процессов, а не на механическом усвоении готовых решений. Позже он возглавит кафедру «Двигатели внутреннего сгорания», а именно: с 1944 по 1949 г. Густав Владимирович – *заведующий кафедрой «Двигатели внутреннего сгорания»* Горьковского индустриального института им. А.А. Жданова (ныне – НГТУ им. Р. Е. Алексеева). Как заведующий профилирующей кафедрой, он активно привлекал студентов к научной и производственной работе. Многие из них проходили практику непосредственно на Сормовском заводе, участвуя в реальных проектах. Так формировалась тесная *связь между высшим образованием и промышленностью*, что стало характерной чертой *нижегородской инженерной школы.* Г.В. Тринклер *основал научное направление в области двигателестроения* в Нижнем Новгороде: под его руководством сформировался коллектив учеников и последователей, многие из которых впоследствии заняли ведущие позиции в промышленности и науке. Его школу отличало *сочетание фундаментальной подготовки и прикладной ориентации*, ее устойчивость и влияние на протяжении десятилетий. Кроме работы в институте, Тринклер принимал активное участие в развитии *среднего технического образования*: он был одним из инициаторов создания *машиностроительного техникума*, где готовили *специалистов среднего звена* – техников и мастеров, способных эффективно работать на производстве. Это было стратегически важным для развивающейся промышленности региона.

Его *организационная деятельность* проявлялась и в разработке учебных программ, создании *лабораторной базы,* внедрении новых методов преподавания. Он настаивал на необходимости экспериментальной подготовки*:* лаборатория двигателей внутреннего *сгорания* организована им ещё в первые годы. Он не только решал технические проблемы, характерные для этапа XIX-XX веков, но и сформировал основы подхода к проектированию тепловых машин, основанного не на эмпирическом подборе решений, а на точном научном анализе рабочих процессов [6, с. 27; 9, с. 58]. Его деятельность – это переход к инженерии как к области, где ключевую роль играет понимание физических закономерностей, лежащих в основе функционирования техники. Преподавание в Нижегородском политехническом институте, сопровождающееся формированием *научно-технической школы*, основанной на понимании сути физических процессов [7, с. 45], – все это соответствует *концепции технознания*, разработанной В.Г. Гороховым, согласно которой *инженерное знание* есть *синтез теории и практики*, направленный на создание работоспособных технических систем [9, с. 63]. В деятельности Г.В. Тринклера эта идея реализовалась: его теоретические исследования воплощались в реальных конструкциях, что нашло отражение в деятельности на Сормовском заводе, где он сформировал *научно-инженерное направление*, ориентированное на создание двигате-

лей внутреннего сгорания [5, с. 201]. Эта деятельность отличалась *системным подходом*: он рассматривал *двигатель как сложную термодинамическую систему*, в которой процессы сжатия, впрыска, смесеобразования и сгорания тесно взаимосвязаны, в совокупности отвечая за полноту сгорания, следовательно, за максимальное использование химической энергии топлива, превращая ее в полезную механическую работу.

Г.В. Тринклер работал в Н. Новгороде в непростое историческое время. Он столкнулся с трудностями – экономическими, политическими, производственными. Но он полностью посвятил себя своему делу. Работа на заводе «Красное Сормово» показывает, что он вкладывал максимум сил, знаний, времени в развитие тепловых двигателей. Это пример *самоотдачи инженерному делу*, когда научно-технический поиск, практическая реализация и педагогическая работа есть единое целое. Формирование *научно-технической школы* и разработка *фундаментальных принципов двигателестроения* свидетельствуют о масштабности его личности и глубине вклада в науку. Значимость его деятельности проявляется не только в технических разработках, но и в способности *системно влиять на развитие отрасли в целом*: его новые конструкции двигателей, инженерные подходы к их проектированию, воспитание специалистов, продолжающих направления. Г.В. Тринклер – *организатор научно-инженерной среды*, в которой объединялись теория, производство и образование, что стало основой дальнейшего развития *отечественного двигателестроения*.

Наиболее значимый научный результат Г.В. Тринклера – создание и обоснование *смешанного цикла сгорания*. В отличие от идеализированных циклов Отто и Р. Дизеля, он предложил модель, учитывающую реальный характер тепловыделения. На основе экспериментов, проведённых еще в 1900-1908 годах, он установил, что процесс сгорания распределён во времени: часть топлива сгорает в условиях, близких к постоянному объёму, вызывая резкий рост давления, тогда как другая часть – в процессе движения поршня, при изменяющемся объёме [8, с. 92]. Это сформировало более точное представление о рабочем процессе двигателя. С инженерной точки зрения, смешанный цикл обеспечивал ряд преимуществ: снизилась жесткость сгорания, обусловленная высокой скоростью нарастания давления, что уменьшало механические нагрузки на элементы двигателя, улучшилось использование тепловой энергии топлива, ибо процесс сгорания становился более управляемым. Применение форкамеры позволяло эффективнее смешивать топливо с воздухом, учитывалась задержка воспламенения и время на подготовку смеси. Это повышало надёжность, долговечность и большую эффективность двигателя. Г.В. Тринклер одним из первых показал, что эффективность двигателя определяется не только степенью сжатия, но и характером протекания горения [2, с. 173]. Его исследования в области смесеобразования имели принципиальное значение. В 1905-1910 гг. он изучал влияние турбулентности на процесс смешения топлива с воздухом и пришёл к выводу, что именно структура потока определяет скорость и полноту сгорания [6, с. 118]. Эти результаты легли в основу современных представлений о работе дизельных двигателей.

Вопрос о приоритете в разработке *смешанного цикла* стал предметом дискуссий, в которых фигурировало имя французского инженера А. Сабате. Но анализ, в том числе архивных материалов, публикаций, технических отчетов завода «Красное Сормово» показывает, что Тринклер не только раньше пришёл к этим идеям, но и реализовал их на практике [8, с. 141]. В этом проявляется различие между патентным и научным приоритетом: если А. Сабате сосредоточился на конструктивных решениях, то Г.В. Тринклер разработал саму *концепцию* рабочего процесса. Г. В. Тринклер по праву может рассматриваться как один из основателей не только отечественного двигателестроения (именно в России закрепилось название «*цикл Тринклера*»), но и *мирового дизелестроения*, о чем свидетельствует постановление заседания Парижской академии наук в 1947 г., где принято решение о том, что двигатель с воспламенением от сжатия функционирует по процессу, соответствующему «*Тринклер-мотору*» [2]. В то же время, учитывая выдающийся вклад Р. Дизеля в разработку, внедрение и распространение данного типа двигателей, было решено сохранить за ним право наименование двигателя, но приоритет в создании его рабочего цикла был закреплён за Россией –

Густавом Васильевичем Тринклером [2, с. 4]. Кстати, в «Вестнике высшей школы» № 4 за 1949 г., есть письмо проф. В.Ю. Гиттиса, отвергающего термин цикл Сабате и подтверждающего приоритет Г. В. Тринклера по реализации *цикла смешанного сгорания*. Эти факты – не просто акт исторической справедливости, но и свидетельство *международного признания* фундаментального вклада Тринклера в формирование термодинамических основ двигателей с воспламенением от сжатия и развитие теории рабочих процессов. Его исследования заложили научную базу для перехода от идеализированных циклов к реальным моделям тепловыделения, учитывающим процесс горения, фазовую неоднородность процесса влияния газодинамических факторов. Это повысило эффективность, надёжность и ресурсные характеристики двигателей, что обусловило их распространение в энергетике, транспорте и промышленности.

Судьба Тринклера – пример подлинного служения инженерной науке. Несмотря на трудности, связанные с отсутствием поддержки на родине и необходимостью работы за рубежом, он продолжал развивать свои идеи, внедряя их в практику, что демонстрирует *силу воли личности* и *веру в инженерную идею*. Его наследие, включающее как конкретные инженерные решения, так и фундаментальные теоретические разработки, сохраняет *актуальность* и в современных условиях *технонауки*, когда возрастает роль технологического массива знания и научных коммуникаций с различными агентами, в том числе с представителями бизнеса и власти. Его жизнь – пример того, как преданность делу и стремление к истине способны преодолевать исторические ограничения, определяя развитие целых отраслей техники на десятилетия вперёд. Исследование жизни преданного делу ученого есть составляющая формирования профессиональной идентичности будущего инженера-исследователя, повышения его мотивации к научно-исследовательской деятельности. О жизни и судьбе Г.В. Тринклера можно сказать словами Бруно Латура, современного философа и социолога науки: «феноменология жизни инженера VS феноменология повседневной жизни» [9, с. 63], что есть message для каждого из нас, вступающего на тропу инженерного творчества.

Библиографический список

1. **Чумарина, Е.А.** Пространство памяти: от экскурсии в День Знаний – к профессиональной и социокультурной идентичности/ Е.А. Чумарина, Т.Л. Михайлова // Региональная культура. Сборник научных трудов. Нижний Новгород, 2023. – С. 79-84.
2. **Матвеев, Ю.И**. Развитие и распространение дизелей в России к 100-летию русской привилегии Г.В. Тринклера на дизельный двигатель / Ю.И. Матвеев, Е.И. Андрусенко. –Н. Новгород: Изд-во ФГОУ ВПО «ВГАВТ», 2010.
3. **Васильев, А.А**. История двигателестроения в России. – М.: Машиностроение, 2001. – 432 с.
4. **Иванов, П.Н**. Развитие дизельных двигателей: теория и практика. – СПб.: Питер, 2010. – 287 с.
5. **Петров, В.К**. Научная школа Тринклера и её значение. – Нижний Новгород: НГТУ, 2016. – 198 с.
6. **Сидоров, М.И.** Российские инженеры и зарубежная промышленность. – М.: Наука, 2005. – 324 с.
7. **Красное Сормово: история и технологии** / Под ред. А.С. Козлова. – Нижний Новгород: Городец, 2012. – 276 с.
8. **Федоров, И.В.** Тринклер и двигатели внутреннего сгорания. – СПб.: Лань, 2015. – 224 с.
9. **Лебедев, Ю.П**. Педагогическая деятельность Тринклера. – Нижний Новгород: НГТУ, 2018. – 156 с.
10. **Смирнов, В.А**. Цикл Тринклера и споры о приоритете. – М.: Техносфера, 2013.– 189 с.

11. **Горохов, В.Г**. Основы философии техники и технического знания. – М.: Логос, 2007. – 320 с.

УДК 621.436(092)

ГОЛУБЕВА М.В., ГОНЧАРОВ К.О.

ГУСТАВ ВАСИЛЬЕВИЧ ТРИНКЛЕР: ЖИЗНЕННЫЙ ПУТЬ И ВКЛАД В РАЗВИТИЕ ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Густав Вильгельмович (впоследствии Васильевич) Тринклер родился 12 (25) апреля 1876 года в Санкт-Петербурге. Семья Каспари, из которой происходила его мать Аделина, была многонациональной – итальянцы, поляки, немцы, французы, швейцарцы представляли этот старый, изначально итальянский, род. Семья отца, Вильгельма Тринклера, происходила из Эстонии и также имела немецкие и швейцарские корни. Однако, несмотря на европейские корни, в автобиографиях и мемуарах Густав Васильевич неоднократно подчеркивал, что и он, и все его родственники были русскими по культуре, воспитывались в русских традициях. До 1917 года он носил отчество «Вильгельмович», но после демобилизации летом 1917 года в документах стал именоваться «Васильевичем».

Краеугольный камень личности будущего изобретателя был заложен семьей. Семейные установки, воспринятые сначала как правила, а позже осознанные как этические нормы, стали основой самовоспитания. Умение напряженно и эффективно работать стало отличительной чертой Густава Васильевича на всю жизнь.

Годы учебы и первые технические опыты

Годы обучения Густава Тринклера прошли в четвертой мужской Ларинской гимназии на Васильевском острове. Именно в этот период проявился и оформился его интерес к механике. Преподаватели поощряли увлечения гимназиста, укрепляя в нем веру в собственные силы. Время обучения в гимназии совпало с серьезным увлечением пожарным делом: Тринклер самостоятельно построил маленькую пожарную трубу, которая качала воду и давала струю высотой до четырех метров.

В 1891 году семья переехала на другую квартиру, что свело Густава с инженером А.Н. Чиколевым. Благодаря его ходатайству 16-летний гимназист получил пропуск на Балтийский судостроительный завод. Технические возможности крупного промышленного предприятия произвели на юношу большое впечатление. «Я чувствовал в себе "изобретательский зуд" и считал, что по примеру Томаса Эдисона должен что-либо изобрести в возрасте около 15-16 лет», – иронично вспоминал он позже.

В 1894 году Тринклер окончил гимназию с серебряной медалью и успешно выдержал вступительные испытания в Санкт-Петербургский практический технологический институт. После первого курса он пытался устроиться на летнюю работу на Нижегородскую ярмарку, и в 1896 году, в возрасте двадцати лет, впервые отправился в Нижний Новгород – город, который впоследствии стал его домом до конца жизни. Ярмарка привлекала возможностью увидеть новейшие паровые машины, котлы и пообщаться с известными инженерами.

Главное изобретение: «Тринклер-мотор»

В начале 1897 года Г.В. Тринклер подал свою первую патентную заявку, которая, несмотря на первоначальный отказ, легла в основу дальнейших работ по созданию бескомпрессорного двигателя. 17 марта 1899 года он подал заявку на патент «Аппарат для питания жидкими углеводородами цилиндров двигателей с внутренним горением». Рассмотрение затянулось, и патент № 8766 был оформлен в России только 30 апреля 1904 года, уже после получения зарубежных патентов.

Суть изобретения Г.В. Тринклера, которое впоследствии стали называть бескомпрессорным дизелем, наиболее лаконично описывается так:

«Новый двигатель конструкции Тринклера от двигателя Дизеля принципиально отличался тем, что, хотя топливо здесь тоже самовоспламенялось в результате высокого сжатия заряда воздуха в цилиндре, но распыливалось и вводилось в камеру сжатия оно не с помощью воздуха, сжимаемого в компрессоре, а с помощью воздуха, выходящего из особого устройства – поршенька, размещавшегося в крышке цилиндра и приводившегося в действие от кулачковой шайбы распределительного вала. Сжатый в цилиндре воздух попадал в рабочую полость этого поршенька, где дожимался и обеспечивал распыливание топлива через воздушную форсунку, в которую топливо поступало самотеком. Обычную для того времени "закрытую" форсунку Тринклер заменил на форсунку "открытого" типа. При такой конструкции двигатель уже не нуждался в дополнительном компрессорном цилиндре или агрегате, отбиравших от 6 до 10% мощности.»

Основное же принципиальное отличие заключалось в рабочем цикле. В двигателях Дизеля сгорание топлива происходило при почти постоянном давлении (изобарный подвод теплоты). В двигателях Тринклера часть топлива (легкие фракции) сгорала очень быстро — при почти постоянном объеме (изохорный подвод теплоты), а другая часть (тяжелые фракции) — постепенно, при почти постоянном давлении. Таким образом, в цикле Тринклера осуществлялся смешанный – изохорно-изобарный – подвод теплоты к рабочему телу. В дальнейшем поршенек в крышке цилиндра и воздушную форсунку Тринклер заменил на топливный насос высокого давления и форсунку с механическим распыливанием, но смешанный рабочий цикл бескомпрессорного дизеля сохранился. Цикл Тринклера до него не был реализован ни в одном из существовавших прежде двигателей».

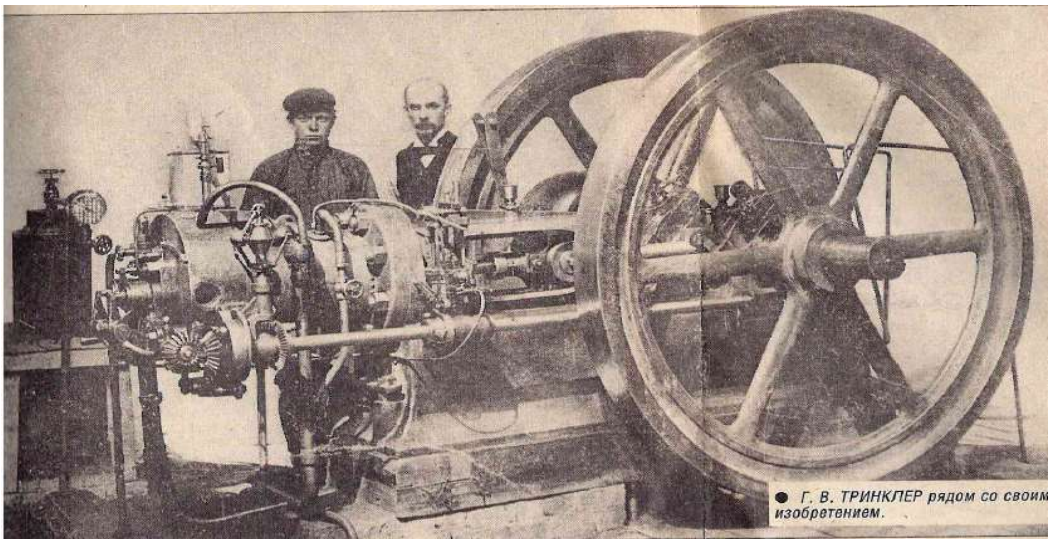


Рис. 1. Г.В. Тринклер рядом со своим изобретением

Работа в Германии и на Сормовском заводе

В 1902 году в возрасте 26 лет Г.В. Тринклер отправился в Берлин, чтобы получить патент в Германии, построить опытный образец и организовать производство. Выбор страны был неслучаен: Германия являлась центром двигателестроения. 8 февраля 1904 года он получил патент на «Тринклер-мотор». С 1905 года начался выпуск двигателей, причем наиболее удачными оказались мелкие модели.

По возвращении из-за границы летом 1907 года Г.В. Тринклер поступил на службу на Сормовский завод в Нижнем Новгороде в должности организатора и руководителя отдела по постройке нефтяных двигателей. Оценивая результаты своей деятельности, он писал: *«Полагаю, что я с этой ответственной задачей справился, так как уже в 1910 году Сормовский завод удостоился наград: на сельскохозяйственной выставке в Елизаветграде – Большая

Золотая медаль за двигатель системы "Бронс"; на областной выставке в Екатеринославле – Большая и Малая Золотые медали за двигатели "Лиценмейер-Сормово" и "Бронс"; на Международной выставке в Баку в 1912 году – две Большие Золотые медали».

Одной из технических удач Тринклера стала работа над теплоходом «Москвич» – первым в мире буксиром-теплоходом с горизонтальным двигателем системы Юнкерса мощностью 750 л.с., который целиком спроектировали и построили на Сормовском заводе.

Семья и личная жизнь

Свою жизнь Г.В. Тринклер связал в 1908 году с нижегородкой Марией Евгеньевной Свиязевой. Судя по личной переписке, супруга проявляла о нем постоянную заботу, была хорошей хозяйкой и во всем поддерживала мужа. В годы Великой Отечественной войны после перенесенного инсульта Мария Евгеньевна стала инвалидом и умерла в 1953 году в возрасте 63 лет от повторного инсульта. У супругов было трое детей: дочери Нина и Ирина, а также сын Юрий, который, как и отец, стал серьезным исследователем и имел степень доктора биологических наук.

Первая мировая война и возвращение

С началом Первой мировой войны благополучная жизнь закончилась. Осенью 1914 года Г.В. Тринклер, несмотря на руководящую должность на заводе и работу по госзаказу, был призван в действующую армию. Ни рапорты самого Тринклера, ни ходатайства руководства завода не смогли повлиять на это решение. В мае 1915 года он подал рапорт с предложением использовать его инженерные знания. Летом того же года приказом главнокомандующего Кавказской армией «за отлично-ревностную службу и особые труды» Г.В. Тринклер был награжден орденом Св. Станислава 3-й степени. С апреля 1916 года он был переведен на службу в Карское Инженерное управление Кавказской армии.

После демобилизации летом 1917 года Г.В. Тринклер вернулся в Нижний Новгород. С осени того же года, параллельно с работой в Сормове, он начал преподавать в Нижегородском университете. В 1918 году активно участвовал в организации при заводе «Красное Сормово» отделения университета. В 1919 году он уже профессор и заведующий кафедрой двигателей внутреннего сгорания.

Преподавательская и научная деятельность

К началу 1920-х годов сформировался основной круг деятельности Густава Васильевича: работа на заводе, изобретательство и преподавание. В 1920 году он стал первым директором вечернего машиностроительного техникума. Несмотря на огромную занятость, Тринклер занимался созданием показательной лаборатории двигателей внутреннего сгорания для исследования газификации торфа при механическом факультете университета, лично курируя все вопросы – от разработки проекта до перестройки помещений.

Осенью 1927 года Г.В. Тринклер принял решение уйти с завода «Красное Сормово», оставшись в должности консультанта. Решением ВАК 29 мая 1935 года ему одному из первых в СССР была присуждена ученая степень доктора технических наук без публичной защиты диссертации.

С 1944 по 1949 год Г.В. Тринклер возглавлял кафедру «Двигатели внутреннего сгорания» Горьковского индустриального института им. А.А. Жданова (ныне НГТУ им. Р.Е. Алексеева). За период его работы было подготовлено более 10 кандидатов наук, составивших основу кафедры. 6 августа 1949 года был подписан аттестат, утверждавший его в ученом звании профессора.

Талантливый изобретатель и яркая личность, Густав Васильевич Тринклер пользовался безусловным уважением студентов. Один из его учеников, доцент В.В. Зеленцов, вспоминал о первой лекции профессора: «В аудиторию вошел худощавый высокий стройный человек в черном костюме с гладко выбритой головой и очень живыми глазами. Вынув из портфеля поршни, шатуны, клапаны, он сказал: "Оценок в ведомость я вам не ставлю, но оценивать ваши знания буду по такой системе: на 'тройку' вы должны по внешнему виду детали определить страну-изготовителя, год выпуска и технические данные; на 'четверку' – сообщить

оценки в зачетке конструктора этого двигателя; на 'пятерку' – оценить личные и профессиональные качества конструктора, его добросовестность..."».

Густав Васильевич Тринклер оставил о себе добрую память в институте. Кафедра, которой он руководил долгие годы, и по сей день с искренним уважением чтит память о своем первом заведующем – знаменитом изобретателе и выдающемся педагоге.

Библиографический список

1. Акимова Т.И. Густав Васильевич Тринклер. Изобретатель и его эпоха. — Нижний Новгород: Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, 2013.
2. Тринклер Г.В. Двигателестроение за полустолетие: очерки современника. — 2-е изд., перераб. — М.: [б.и.], 1954.
3. Патент на изобретение № 8766. Российская империя. Аппарат для питания жидкими углеводородами цилиндров двигателей с внутренним горением / Г.В. Тринклер. — Заявл. 17.03.1899, опубл. 30.04.1904.

УДК 93/94:111:62 (091).621

ЖУЧКОВ М.Д., МИХАЙЛОВА Т.Л.

ДВИГАТЕЛЬ ТРИНКЛЕРА КАК ПОГРАНИЧНАЯ «ВЕЩЬ» МЕЖДУ ЭПОХАМИ, ИЛИ К ВОПРОСУ ОБ ОНТОЛОГИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Знаменательная дата – 150-летие со дня рождения выдающегося изобретателя Густава Васильевича Тринклера – это знаковое событие, настраивающее на *философские размышления*, предполагающие возможность погружения в массивы знаний с их не всегда четкими границами, но бесспорным лидером – технико-технологическими лакунами научного знания. Этот юбилей – не просто формальный повод для исторической ретроспективы, но редкая возможность для философско-рефлексивного осмысления той фундаментальной эпохи, которую олицетворяет творение великого изобретателя. *Актуальность* темы обусловлена контекстом, в котором «живет» его знаменитый двигатель – артефакт, создание и функционирование которого сопряжены с *границей* веков, историческими реалиями начала XX века; ее невидимые нити протянуты в будущее пространство технонауки. Последнее обстоятельство детерминирует необходимость переформатирования *онтологии технического объекта* в условиях тотальной цифровой трансформации.

Наша *цель* – исследование *границы как топоса* индустриальной цивилизации, определяемой гением великих инженеров-изобретателей, создавших технические артефакты – *символы уходящей эпохи*. Исследование границы – это мысленное следование по пути от осязаемого триумфа «дизельного двигателя» Г.В. Тринклера до невидимой власти программного кода – «территории» современной инженерии. Двигатель Г.В. Тринклера – этот триумф чугуна, стали и высокого давления – представляет *предел материальной осязаемости*. Он обладал весом, текстурой, «требуя» от человека физического соучастия и преодоления сопротивления материи. Сегодня, когда техника теряет телесность, растворяясь в облачных серверах и невидимых алгоритмах, мы задаемся вопросом: где проходит *онтологический водораздел,* после которого «Вещь» [2] окончательно превращается в алгоритмический симулякр? Изобретение начала XX века – дизельный двигатель – воплощает как временную, так и смысловую границу эпох. Исследование границы как топоса поражает экзистенциальной напряженностью, возникающей из двойственности: с одной стороны, *вещь как технический арте-*

факт, представляющий индустриальную эпоху, а с другой – *мир симулякров*, выводящий на принципиально важное – *онтологию технического объекта, его спецификаторы*.

Сложность кроется в самой природе цифровых объектов: они лишены той честной материальной телесности, которой обладали машины прошлого века. Десятилетиями мы видели в технике лишь послушный инструмент – средство для достижения целей. Сегодня эта логика дает сбой: осязаемые вещи замещаются мерцанием интерфейсов, мы теряем привычную точку опоры. Становится всё труднее отличить покорный механизм от *глобальной цифровой среды*, диктующей нам правила игры. Изменяется само *качество присутствия человека в мире* – оно становится хрупким и опосредованным. Чтобы выбраться из этой концептуальной ловушки, радикально сменим оптику. Опираясь на онтологию М. Хайдеггера, представителя инструментально-антропологического подхода философии техники, а также на акторно-сетевую теорию Б. Латура и герменевтическую концепцию, понимающую любую *вещь как текст* [3], вскроем «черный ящик» технонауки [4, с. 23]. Невольно возникает главный вопрос: не выступает ли эта цифровая прозрачность финальной стадией «Постава», где сам человек окончательно превращается в ресурс, уступая невидимой машине право на истину собственного бытия? Этот вопрос выводит исследователя философии техники на онтологию, имманентно включающую проблему рождения и генезиса технического артефакта, в сетях которой сплетаются, метафорически выражаясь, мазут, металл, воля, знания и интуиция инженера.

Масштаб онтологического сдвига становится очевидным, когда мы перенаправляем исследовательский взор в пространство завода конца XIX столетия. Представим атмосферу Путиловского завода на рубеже XIX-XX вв.: передового промышленного машиностроительного и металлургического предприятия. Копоть, оглушающий грохот, тяжелый, въедающийся в кожу запах мазута и раскаленного металла. В этой среде двадцатитрехлетний студент Петербургского технологического института Густав Васильевич Тринклер бросает вызов авторитету самого Рудольфа Дизеля. Как подчеркивает Ю.И. Матвеев, этот колоссальный проект рождался не в тиши академических кабинетов: молодой энтузиаст, пришедший на завод практикантом, сумел убедить дирекцию выделить средства на постройку совершенно новой машины, предложив собственный *оригинальный термодинамический цикл* [6]. Двигатель немецкого инженера, будучи абсолютным прорывом, требовал применения громоздкого, капризного и взрывоопасного воздушного компрессора для впрыска топлива [6]. Молодой Тринклер в 1899 г. совершает невероятный по своей инженерной дерзости *эволюционный скачок*: он отсекает этот тяжелый узел, конструируя первый в мире *бескомпрессорный двигатель высокого давления*, на который вскоре будет получена *знаменитая «русская привилегия»* [6]. Но этот технический триумф немедленно столкнулся с жесточайшим противодействием. Построенный «Тринклер-мотор» на испытаниях продемонстрировал феноменальный термический КПД около 29%, превзойдя заграничные образцы. Испугавшись появления столь совершенного конкурента, Эммануил Нобель, владевший российской монополией на патенты Р. Дизеля, включил все рычаги финансового влияния, чтобы вынудить руководство Путиловского завода весной 1902 года полностью свернуть работы над отечественным шедевром [6]. Именно в гуще материального сопротивления и столкновения капиталистических интересов, рождался технический артефакт, ставший «лебединой песней» классического машиностроения. По Б. Латуру, мы имеем дело с подлинной *«наукой в действии»*[4]: это еще не стерильный экспонат под стеклом, а вскрытый «черный ящик» технонауки – непричесанная наука*, где гениальная идея* пробивала себе дорогу сквозь недоверие промышленников и несовершенство сплавов того времени. Творческий гений Г.В. Тринклера выступает не как отстраненное проектирование алгоритмов, а как *прямая схватка с материей*. Убрав громоздкий компрессор, молодой инженер буквально отсек лишнее железо, чтобы высвободить чистую энергию. В этом контексте двигатель Г.В. Тринклера – это настоящий *текст* [3]. Настоящая живая *летопись промышленного века*, где *социальные и технические коды эпохи* записаны не чернилами, а физическими параметрами давления и температуры. Каждая деталь есть выражение *ценностей* того времени: надежность, мощь и осязаемость присутствия.

Особое значение в этой «записи» имеет и *термодинамический аспект*. Как справедливо отмечает И. Пригожин в работе «Порядок из хаоса», развитие техники – это всегда попытка «диалога с природой» [5]. Двигатель Г.В. Тринклера в этом смысле является физическим *воплощением триумфа над энтропией*: он берет хаотичную, слепую энергию сгорания топлива и превращает её в упорядоченное, ритмичное движение поршней [5, с. 44-45]. Это и *есть порядок из хаоса* в его самом чистом, механическом проявлении. В отличие от современных «черных ящиков» программного обеспечения, этот механизм был предельно честен в своем устройстве. Мы с глубоким уважением провожаем ту эпоху, когда *человек и машина были* физически *соразмерны*. Двигатель Тринклера не прятал сущность за бесшовным интерфейсом; он требовал от инженера тактильного контакта, умения на слух определять сбои в тактах. Этот тяжелый артефакт еще сохранял ту *«онтологическую дистанцию»*, которая позволяла человеку оставаться творцом, а не просто придатком системы. Разговор об онтологии – это выход к *хайдеггеровской оптике,* суть которой – в движении от собирающей «Вещи» к отчуждающему «Поставу» [2]. Этот переход описывает философия М. Хайдеггера. В пространстве его мысли двигатель Г.В. Тринклера предстает не просто как агрегат, но как *классическое «подручное»* – инструмент, органично вписанный в мир человеческих целей. Этот тяжелый механизм создавался ради первичной *Заботы* о человеке: его задача – обеспечение теплом, движением и энергией, необходимыми для поддержания жизни. В этом контексте машина Тринклера выступает как «Вещь», которая, по Хайдеггеру, *«веществует»*, то есть собирает вокруг себя мир [2, с.271]. Она не отделена от человека непроницаемой стеной интерфейса; напротив, она требует сопричастности: *вещь, понимаемая как текст*, в индустриальную эпоху – текст «открытый» [3, с.90]. Ритмичная работа поршней и гул сгорающего топлива в цехах Сормовского завода (куда изобретатель перенесся после путиловского разгрома, и где его бескомпрессорные двигатели наконец доказали технологическую правоту и пошли в серию [6]; были понятны, транслируя истину бытия непосредственно. Хаос энергии, о котором писал И. Пригожин, здесь не просто подавлялся, а вводился в русло *человеческой пользы*, сохраняя при этом свою грозную природную основу.

Однако современная ситуация демонстрирует нам иную модель. Эволюция от двигателя к программному коду знаменует собой *триумф «Постава*» [1, с.229]. Если двигатель Г.В. Тринклера *служил человеку,* а не потреблял его, то современная цифровая реальность стремится превратить в ресурс всё сущее, включая самого субъекта. В отличие от осязаемой машины, код лишен «чугунной плоти»; он прозрачен, вездесущ и именно в этой своей невидимости несет главную угрозу. Когда технический объект окончательно дематериализуется*, исчезает* и та спасительная *онтологическая дистанция*, позволявшая инженеру прошлого сохранять свою идентичность. В системе «Постава» человек перестает быть мастером, управляющим силами природы (как в случае с дизельным ритмом Тринклера), и сам становится элементом общего «энергетического баланса» системы. Если двигатель Тринклера – инструмент в руках творца, то программный код оказывается средой, «используемой» для самовоспроизводства человека. Мы сталкиваемся с парадоксом: освободившись от тяжести металла, мы попали в гораздо более жесткое рабство невидимых алгоритмов.

Рассмотрение пути *дематериализации технического объекта*: от пульсирующего тяжестью двигателя Тринклера к невидимому программному коду через философско-методологическую рефлексию – позволило зафиксировать глубокий онтологический сдвиг. *Теоретический итог работы* – понимание того, что утрата артефактом своей физической тяжести – это не просто триумф инженерной оптимизации, а полная инверсия ролей. *Индустриальная эпоха*, при всей ее суровости и масштабности, оставляла человеку спасительный зазор – осязаемую дистанцию между творцом и механизмом. Тяжелая машина выступала *честным «текстом»* фундаментальной *Заботы* – центральной категории хайдеггеровской онтологии. *Практический вывод* исследования сводится к констатации новой, сугубо системной уязвимости. Окончательно растворив традиционную «вещь» в невидимой инфраструктуре, мы передали алгоритмам фундаментальное право собирать и транслировать реальность. Скрытые сети технонауки оказались настолько всеобъемлющими, а цифровая среда –

настолько бесшовно-комфортной, что преодоление материального сопротивления обернулось тихой капитуляцией субъекта перед диктатурой интерфейса. Триумф технологии парадоксальным образом вылился в её полное визуальное и тактильное исчезновение.

На этом фоне 150-летний юбилей Г.В. Тринклера приобретает особое, символическое звучание. Его *знаменитый двигатель* – не просто рядовой технический артефакт, но и *подлинная «вещь»* – навсегда останется величественным памятником осязаемой инженерной мысли – подлинной «лебединой песней» того времени, когда творец и его создание еще разделяли *единое физическое пространство*. Мы с уважением и легкой ностальгией провожаем эпоху физически воплощенного порядка, уступающую место цифровой неопределенности. Но что ждет нас впереди – новый хаос или кристально выверенный алгоритмический порядок, изящный эволюционный скачок или ловушка «Постава», где мы сами стали сырьем для собственных изобретений? А не становится ли программный код той самой последней стадией «окостенения» бытия, за которой уже не остается свободного места для человека-творца? Время покажет.

Библиографический список

1. **Хайдеггер, М.** Вопрос о технике / М. Хайдеггер // Время и бытие. – Москва: Республика, 1993. – С. 221-238.
2. **Хайдеггер, М.** Вещь / М. Хайдеггер // Историко-философский ежегодник. – Москва, 1989. – С. 269-284.
3. **Михайлова, Т. Л.** Вещь как текст: безмолвие вещи VS забвение мира / Т. Л. Михайлова // Антропологическая аналитика: сборник научных трудов / Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2015. – С. 86-94.
4. **Латур, Б.** Наука в действии: следуя за учеными и инженерами внутри общества / Б. Латур; перевод с английского К. Федоровой; под научной редакцией С. Миляева. – Санкт-Петербург: Издательство Европейского университета в Санкт-Петербурге, 2013. – 414 с.
5. **Пригожин, И.** Порядок из хаоса: новый диалог человека с природой / И. Пригожин, И. Стенгерс; перевод с англ.; под общей редакцией В. И. Аршинова, Ю. Л. Климонтовича, Ю. В. Сачкова. – Москва: Прогресс, 1986. – 432 с.
6. **Матвеев, Ю. И.** Развитие и распространение дизелей в России. К 100-летию русской привилегии Г. В. Тринклера на дизельный двигатель / Ю. И. Матвеев, Е. И. Андрусенко. – Нижний Новгород: Издательство ФГОУ ВПО «ВГАВТ», 2010. – 166 с.

УДК 93/94: 14.168. 621/ 629

КАШНИКОВ Ю.С., МИХАЙЛОВА Т.Л.

ИНЖЕНЕРНЫЙ ПУТЬ: МЕЖДУ ПОИСКОМ И ВОЗВРАЩЕНИЕМ, ИЛИ ОБЩЕЕ В ТВОРЧЕСТВЕ Р.Е. АЛЕКСЕЕВА И Г.В. ТРИНКЛЕРА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Каждый инженер рано или поздно оказывается на распутье. Вокруг – новые материалы, методы, парадигмы проектирования, а внутри – вопрос, который трудно произнести вслух: куда идти дальше? И есть ли вообще тот самый путь, который превращает ремесло в *призвание*? Вопрос это не праздный и не только профессиональный. За ним стоит нечто большее – попытка понять, *что значит быть инженером сегодня*, когда техника пронизывает всё, но её *смысл* часто ускользает. Удивительным образом ответ на этот вопрос лежит не в будущем, а в прошлом. Не в очередном технологическом прорыве, а в опыте тех, кто уже прошёл этот путь – или прокладывал его, когда никаких готовых карт не существовало.

Цель статьи – *артикуляция общего*, присущего деятельности выдающихся инженеров XX века, поиск спецификаторов как системообразующих начал профессионального и жизненного пути инженера. Обращение к опыту инженеров-конструкторов, судьбы которых связаны с НГТУ им. Р.Е. Алексеева (их юбилеи приходятся на 2026 г.: 110-летний Р.Е. Алексеева и 150-летний Г.В. Тринклера), отнюдь не случайно. Приобщение к биографиям, изучение научно-технических достижений, опережающих время, высвечивают не всегда очевидное, приоткрывая глубину не только профессиональных достижений, но и *личностные качества человека*, помогающие достичь профессиональных успехов [6, с. 45-52].

Два выдающихся отечественных инженера – Густав Васильевич Тринклер и Ростислав Евгеньевич Алексеев, имя которого с 2007 г. носит НГТУ. Г.В. Тринклер создал *бескомпрессорный дизельный двигатель,* разработал *термодинамический цикл*, названный его именем [2, с. 45-52]. Р.Е. Алексеев подарил миру *суда на подводных крыльях* и *экранопланы* – машины, которые до сих пор выглядят «пришельцами из будущего» [7, с. 15-22]. Разные эпохи и задачи, разные типы техники. Но есть *нечто общее* – не только *институциональная преемственность*, но и внутреннее, *экзистенциальное родство*. Оба видели в технике не просто инструмент, а *способ раскрытия новых возможностей мира;* оба не растворились в социальных ролях, сохраняя верность замыслу. Оба думали о будущем – не абстрактно, а через подготовку учеников и передачу дела. Оба основали *инженерные школы* – не в бюрократическом, а в живом смысле этого слова. Перед погружением в детали биографий и научно-технических достижений сделаем паузу и зададимся вопросом: а зачем нам, современным инженерам, оглядываться в прошлое? Технологии устаревают, чертежи пылятся в архивах, формулы переписываются в новых учебниках. Что может дать изобретатель «русского дизеля» в эпоху цифровых двойников и искусственного интеллекта? Ответ не очевиден, но прост: не знание – понимание. Не рецепт – направление. Не схему – компас.

Обратимся к Г.В. Тринклеру. Что отличает его как инженера? Не только изобретательский дар. Он не ограничивался конструкторской работой – он создал *школу двигателестроения* [2, с. 67-72]. Говорят, он мог часами разбирать с учеником один чертёж, пока тот не начинал видеть в нём не линии, а физику процесса. За этой деталью – десятки учеников, которые не просто слушали лекции, а становились инженерами, продолжавшими его дело. Он подготовил кандидатов наук, которые потом возглавили кафедры. Он выстроил систему, в которой знание не замыкалось на одном человеке, а передавалось дальше – и прирастало. Для него *инженерное творчество было неотделимо от педагогики.* Не потому, что «так положено», а потому, что *без передачи дела нет будущего*. Известная полемика вокруг приоритета цикла Г.В. Тринклера – споры с циклами Р. Дизеля, Отто, А. Сабате – это не просто научная дискуссия. Это *борьба за язык*, за то, чтобы сущность технического процесса была не просто описана, но правильно названа [2, с. 89-94]. А его книга «Двигателестроение за полустолетие» – это не мемуары в привычном смысле. *Это акт передачи традиции*, в котором прошлое не уходит в небытие, а сохраняется как живая возможность для будущих поколений [2, с. 112-118]. Отметим что, именно этот жест – *передача дела*, а не только навыков – часто выпадает из поля зрения современного инженерного образования. Мы учим формулам, расчётам, программам. Но мы редко учим тому, зачем всё это нужно. Г.В. Тринклер напоминает: инженерное дело не сводится к чертежам. Это *путь, требующий принципиальности*, заботы о преемниках и *понимания своей роли в истории техники.* Пожалуй, это первая важная веха на нашем кольцевом маршруте.

Ростислав Евгеньевич Алексеев – «покоритель скорости». Его суда на подводных крыльях «парят» над водой, минимизируя сопротивление. Экраноплан – это синтез корабля и самолёта, нечто третье, что не укладывается в привычные категории [6, с. 56-61]. В этом заключается главный урок Р.Е. Алексеева: он мыслил за пределами жанра. Он не улучшал существующее – он *создавал новое*, меняя правила игры. При этом он был верен замыслу вопреки обстоятельствам. Бюрократические преграды, непонимание, критика – он продолжал работать над проектами, казавшимися фантастическими [6, с. 78-83]. Исследователи его творчества отмечают, что Алексеев отличался невероятной *настойчивостью* в отстаивании

своих позиций, которые далеко не все понимали и принимали [6, с. 112-118]. Его называли «Главным» не только по должности, но и по принципу жизни [6, с. 5]. Но Р.Е. Алексеев – не только гениальный конструктор, это ещё человек, создавший свою *инженерную школу*. Его конструкторское бюро стало местом, где молодые инженеры не просто выполняли задания, а учились мыслить – смело, нестандартно, на грани возможного [6, с. 102-107]. Он передавал не чертежи – он *передавал способ видения*. Многие его ученики становились ведущими специалистами, развивали его идеи, а иногда и спорили с ним. Это и есть *живая школа*: не музей, где хранят память, а мастерская, где куётся будущее.

Что общего между «упрямством» Алексеева [6, с. 112-118] и педагогическим упорством Тринклера? Оба не были «винтиками» в машине индустриализации. Оба сохраняли *внутреннюю свободу*. И оба понимали, что техника – это не набор механизмов, а способ отношения к миру. Скажем осторожнее: способ раскрытия того, что в этом мире возможно. Это, кстати, сближает их не только друг с другом, но и с античным пониманием техники как «выведения истины» – τέχνη, которая не противопоставлена искусству, но родственна ему[3]. Возможно, не случайно жизненное увлечение Р.Е. Алексеева фотографией как искусством, помогающим на различных этапах инженерного творчества вследствие включенности *образного компонента* в процесс конструирования искусственной реальности [4, с.60-65].

Связь между Тринклером и Алексеевым – не просто историческое совпадение. Это пример живой преемственности инженерной традиции [2, с. 120-125; 7, с. 110-115], включающей в себя *техническую преемственность*: двигатели, разработанные под влиянием идей Тринклера, использовались на судах Алексеева [2, с. 98-102]. Продолжение видов преемственности – *человеческая*, суть которой в том, что школа Тринклера готовила кадры для проектов Алексеева [7, с. 45-49]. *Школьная преемственность*: те, кто учился у Тринклера, потом работали с Алексеевым. Выделим *мировоззренческую преемственность*: оба инженера видели в технике не просто инструмент для достижения утилитарных целей, а *способ раскрытия новых возможностей мира* – будь то эффективное преобразование энергии у Тринклера или гармоничное движение по воде у Алексеева [2, с. 130-135; 7, с. 120-125]. Современный инженер, обращаясь к этому опыту, понимает, что *техническая традиция* – это не архив пыльных чертежей, а *живой диалог поколений.* Инженер, решая задачи, вступает в диалог – осознанно или нет. Именно диалог – системообразующее начало, дающее понимание того, что *инженерные школы* – не мёртвое наследие, а *живой нерв нижегородской инженерии.*

Ещё важный аспект – философско-методологический, оживающий, когда задаешься вопросом, почему одни технические идеи «живут», а другие уходят в забвение? На помощь приходит социолог науки Бруно Латур. В книге «Aramis, or the Love of Technology» он показал, что успех технического решения зависит не только от его «объективных» преимуществ. Решающую роль играет способность идеи вписаться в сложную *сеть отношений* – между людьми, институтами, документами, экономическими и политическими условиями [1, с. 150-165]. Судьба цикла Тринклера – яркий пример. Технология Тринклера легла в основу перспективных двигателей, но под давлением промышленника Э. Нобеля имя изобретателя было вычеркнуто. В Европе тот же термодинамический цикл получил названия «цикл Зейлигера» (в Германии) и «цикл Сабате» (в Италии), а имя Тринклера предано забвению. Урок Б. Латура – инженеру: создать техническое решение недостаточно. Нужно найти союзников, поддерживающих идею, сохраняя связь с её создателем [1, с. 250-260]. Именно инженерные школы создают долгосрочную сеть преемников, не позволяя идее «осиротеть» в веках. Б. Латур не отменяет *экзистенциального измерения инженерного творчества,* он его дополняет. С одной стороны, внутренняя верность замыслу, принципиальность, готовность отвечать на вызов. С другой – внешняя работа по сборке сети, поиску союзников, институциональному закреплению. И Г.В. Тринклер, и Р.Е. Алексеев успешно справились и с тем, и с другим. Потому их проекты «живы» до сих пор. Именно потому их школы – не строчка в отчёте, а реально работающие механизмы передачи смысла.Сегодня, когда инженер собирает команду

для стартапа или выбирает архитектуру системы, он проходит аналогичные этапы с их испытаниями. Ему тоже *нужны «союзники»* [1]. Ему тоже нужно видеть за формулами – смысл. И школа, которая его воспитала, работает в нём как внутренний компас – даже если он об этом не задумывается.

Цель этого материала – попытка найти общее между выдающимися инженерами-нижегородцами, несмотря на разделяющие их четыре десятилетия, – скорее увенчалась успехом. Общее в их профессиональном пути найдено. Но пора спросить: *что же мы вынесли из этой историко-научной рефлексии?* Насколько продуктивным было путешествие? Итак, инженерное дело – это *путь,* а не набор задач. Оно требует не только знаний, но и *принципиальности*, *верности замыслу*, доходящая до преданного *служения* ИДЕЕ, *понимания своей роли в истории техники*. Традиция жива, а обращение к опыту великих предшественников – не архивное занятие, а способ обрести компас. *Инженерная школа* – не роскошь, а условие выживания идеи: без школы идеи умирают вместе с их создателем. М. Хайдеггер, философ техники, в эссе «Вопрос о технике» показывает: подлинная сущность техники – это не производство и не ресурс, а «выведение из потаенности» (алетейя). Он предупреждает об опасности, когда техника превращается в самоцель, утрачивая связь с истиной [3, с. 226-230]. Г.В. Тринклер и Р.Е. Алексеев для нас, будущих инженеров, – пример иного отношения, когда техника становится не служением ресурсу, а «ответом на вызов мира».

Вспомним инженера на распутье с его интенцией вопрошания об инженерном пути: «*Что значит быть инженером сегодня*?». Анализ общего между великими подвел к мысли, что наследие инженеров – это не груз прошлого, а компас, помогающий выбрать направление, когда дорога теряется в тумане технологического шума. Основанные выдающимися инженерами научно-технические школы – это не памятники, а *живые мастерские. Инженерный путь* не начинается с нуля и не обрывается с завершением проекта. Это *сложный путь – кольцевой*: мы постоянно возвращаемся к опыту предшественников, чтобы с новыми силами идти дальше. И в этом возвращении – не слабость, а сила. Не бегство от современности, а её углубление. Потому что без *памяти* о том, как техника становилась техникой, невозможно понять, чем она может стать для нас сегодня.

Библиографическийсписок

1. **Латур, Б**. Aramis, or the Love of Technology / Пер. сангл. – Cambridge: Harvard University Press, 1996. – 336 с.
2. **Тринклер, Г. В.** Двигателестроение за полустолетие. Очерки современника. – 2-е изд., перераб. – М.: Речной транспорт, 1958. – 168 с.
3. **Хайдеггер, М**. Вопрос о технике // Время и бытие: Статьи и выступления; пер. с нем. В. В. Бибихина. – М.: Республика, 1993. – С. 221-238.
4.**Сахаров, А.А**.Творчество инженера – от образа к объекту (о жизненных увлечениях Ростислава Алексеева / А. А. Сахаров, Е.П. Сахарова, Т.Л. Михайлова //Региональная культура. Сборник научных трудов.Нижний Новгород, 2023. С. 60-65.
5 **Матвеев, Ю. И.** Развитие и распространение дизелей в России: к 100-летию русской привилегии Г. В. Тринклера на дизельный двигатель / Ю.И. Матвеев, Е.И. Андрусенко. – Н. Новгород: ВГАВТ, 2010. – 84 с.
6 **Чернигин, Ю.П.** Главный: книга о Ростиславе Алексееве / Ю.П. Чернигин. – Н. Новгород: Деком, 2022. – 240 с.
7. **История ЦКБ по судам на подводных крыльях им. Р.Е. Алексеева**: в 2 т.; под общ.ред. Г.В. Анцева / Г.В. Анцев, В.Н. Кирилловых, Т.Р. Алексеева, Ю.П. Чернигин. – Н. Новгород: Кварц, 2020-2021. – Т. 1. – 331 с.

УДК 93/94/ 629.12. 001.8. 167.7.

КУРИЦЫН М. Ю., МИХАЙЛОВА Т. Л.

ИНЖЕНЕРНОЕ ТВОРЧЕСТВО Р.Е. АЛЕКСЕЕВА: ОТ ВДОХНОВЕНИЯ – К ВОПЛОЩЕНИЮ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

«*Он был человек – человек во всём*».

Тайны постижения творчества, в том числе и инженерного, как предмета научного исследования не всегда начинаются с изучения его общих закономерностей, их анализа и обобщения. Иногда это начинается с созерцания какого-либо *технического артефакта* как результата инженерного творчества во время музейной экскурсии [1, с.64-65]. Музейные коммуникации – это форма, включающая все виды рефлексий, выводящие нас на понимание *таинства инженерного творчества*. Невольно вспоминаются общие положения: «…техника есть не более, как *переход* от мыслей к вещам, от целей к их осуществлению… техника и творчество – это два синонима…» [2]. Задумываешься далее и вспоминаешь, что этот переход имманентно включает *нечто третье*, промежуточное, – *деятельность* в единстве ее сторон – опредмечивание и распредмечивание, анализ которой и включает *историко-научную рефлексию*, предполагающую погружение в биографии выдающихся ученых и инженеров.

Ростислав Евгеньевич Алексеев, имя которого с 2007 г. носит технический университет, – создатель судов на подводных крыльях и экранопланов, великий инженер-конструктор, 110-летний юбилей которого в 2026 г. Его грандиозное детище – гигантских размеров экраноплан «Лунь», развивавший скорость до 500 км/час. Даже фотографии объекта, не говоря уже осамом экраноплане-ракетоносце («каспийском монстре») как главном экспонате будущего парка «Патриот» в Дербенте, – инициируют вопрос: «Как этот артефакт из идеи гениального инженера обрел жизнь?»[1]. И вот наступает понимание того, что время одиночек-Кулибиных – осталось в прошлом, что это нечто третье, промежуточное, деятельность, – невозможна *без субъекта инженерного творчеств*а; технический артефакт –сплав таланта гения и труда целого коллектива. Этот *субъект* и есть *научно-технический коллектив единомышленников*

Цель этой статьи – выявить, что есть детерминанты, которые в движении от инженерной идеи к воплощению в готовом научно-техническом артефакте выступают системообразующим началом процесса. В истории техники редко случается, чтобы гениальный замысел был рождён и воплощён одним человеком. Даже самый яркий конструктор нередко стоит в тени соратников, а его творчество питается энергией коллектива. Р. Е. Алексеев – не исключение. Его судьба даёт редкую возможность увидеть, как рождается, живёт и умирает *уникальное единство единомышленников*, называемое современниками «семьёй» или «командой» [7, с.77].

Всё начиналось не с блестящих чертёжных залов, а с полуподвального помещения и энтузиазма нескольких человек. В разгар Великой Отечественной войны, в 1943 г., на заводе «Красное Сормово» была официально создана *Гидролаборатория,* начальником которой назначили 27-летнего Ростислава Алексеева [3, с.6]. Но фактически его команда сложилась ещё раньше – из тех, кто верил в него, когда официальная наука скептически пожимала плечами. Что это были за люди? В первую очередь – такие же молодые инженеры, как и он сам. В те годы Р. Алексеев, работая в отделе технического контроля по приёмке танков Т-34, в свободное время испытывал модели своих будущих катеров, буксируя их за парусной яхтой [4, с.1-2]. Рядом с ним оказались те, кто разделял его одержимость. Среди них – Николай Александрович Зайцев, который впоследствии станет его правой рукой, «сердцем» коллектива, в отличие от Р.Е. Алексеева – «души» [5, с.2-3]. Был и Иван Иванович Ерлыкин – ведущий

специалист по гидродинамике, и Лев Сергеевич Попов – по корпусу и прочности. Именно эти четверо в 1951 г. получат Сталинскую премию за создание боевых катеров на подводных крыльях [3, с.6]. Сколько же их было? Точно неизвестно, но исследователи говорят о «*группе энтузиастов*», постепенно оформлявшейся в штатное подразделение [4, с.2]. В 1947 г., когда работы были уже в разгаре, в бывшем паровозном цехе организовали цех опытного производства и построили первый на предприятии *опытовый бассейн* [2]. Это была уже не любительщина – это был зародыш будущего гиганта. В те годы Алексеев относился к своим сотрудникам не как к подчинённым, а как к соратникам. Он сам садился за штурвал испытываемых катеров, сам рисковал. Именно в этой тесноте, среди секретных чертежей и ночных бдений, родилось то, что позже назовут *«душой коллектива»* [7, с.76] – *абсолютная преданность общему делу.* Атмосфера первой лаборатории была уникальной. Как вспоминал один из ветеранов, Ю.П. Чернигин, «Главный (так за глаза называли Алексеева) мог в любой момент прийти в цех, засучить рукава и вместе с рабочими перебирать двигатель или подгонять деталь. Он не терпел барства. И это передавалось всем» [3, с.10-11]. Люди работали по 12-14 часов, но не чувствовали усталости, потому что видели, что их руководитель работает больше и тяжелее их. Алексеев установил для себя жесткий режим: подъём в 5-5.30 утра, отбой не позднее 23.00, и того же он требовал от других, но не приказом, а личным примером [6].

К концу 1950-х годов небольшая лаборатория превратилась в *Центральное конструкторское бюро по судам на подводных крыльях* (ЦКБ по СПК). Штат вырос до сотен, затем – до тысяч человек. Казалось бы, в такой махине неизбежны бюрократизация и отчуждение. Но нет. Ветераны вспоминали, что в те годы в ЦКБ царила особая атмосфера. «Алексеев был *душой коллектива*, а Зайцев – его сердцем», – повторяли они [5, с.2-3]. Р. Е. Алексеев генерировал идеи с пугающей скоростью. Он требовал от каждого столько же, сколько мог сам. «В его сознании не укладывалось, что кто-то другой не может сделать столько же и так же, как он», – вспоминала жена главного инженера ЦКБ по СПК – Николая Алексеевича Зайцева [5, с.3]. Но при этом он никогда не унижал людей, не кричал, не стучал кулаком по столу. «Я ни разу в жизни не слышала, чтобы он кричал», – подтверждала его дочь Татьяна Ростиславовна [6]. Эта *внутренняя дисциплина* и *уважение к чужому достоинству* создавали уникальную среду: *люди работали на пределе*, но не из страха, а из *восхищения лидером*. Но главное, что сплачивало коллектив, – это *общая цель.* Каждый новый проект – «Ракета», «Метеор», «Комета», «Спутник», «Буревестник» – был не просто техническим заданием, а *творческим вызовом*. Р.Е. Алексеев умел заразить этой страстью других. «Он не мог пройти и не заметить какие-то процессы. Коллеги вспоминали совместный отдых, во время которого увидели плывущего ужа. «Смотрите, – говорит, – кусок шланга, а плывет! Да как?! Бесшумно, быстро. Подумай, как сделать такой механизм!» «Вот до сих пор и думаю», – вспоминал профессор В.Л. Химич [3, с.11]. Эта способность *видеть техническую задачу в любом явлении природы* передавалась и сотрудникам. Коллектив платил ему тем же. Когда в 1968 г. Алексеева, по сути, отстранили от должности начальника ЦКБ, оставив лишь маленькое КБ-Б для экранопланов, сотрудники не остались равнодушными. Как пишут Иванов и Логинов в книге «Корабелы в пятом океане», группа конструкторов во главе с Б.А. Зобниным, В.В. Соколовым и С.А. Васильевым тайно собрала около 150 подписей под письмом в ЦК КПСС в защиту Алексеева [7, с.85]. Они обходили цеха и отделы, рискуя партийными взысканиями. «Некоторые люди не подписывались, боясь гонений. Но и некоторые партийные не побоялись подписать (Белов, Комаров, Шапкин, Логинов, Исаченко и др.). Мы никого не неволили», – вспоминала одна из участниц этого сбора, Галина Андреевна Лепилова [7, с.86]. Это ли не свидетельство подлинного единства?

Коллектив для Алексеева был не просто средством выживания в бюрократических джунглях. Он был *способом воплощения его самых смелых*, почти фантастических *идей*. Одна из них – создание десантного экраноплана «Орленок». Как рассказывается в книге «Корабелы в пятом океане», при проектировании «Орлёнка» возникла сложнейшая проблема: как обеспечить мягкий выход на крылья и гашение ударов о волны? И здесь проявилась *уникальная* особенность Алексеева-мыслителя: он *черпал идеи из наблюдений за живой природой*.

Однажды он обратил внимание на то, как гусь садится на воду, наблюдение над которым помогло родиться одному важному техническому решению, благодаря которому на днище «Орлёнка» был установлен амортизированный редан – своего рода «гидролапа», гасящая удары. Он объяснял так: «Мышечная энергия ног гуся гасит вместе с подъемной силой крыльев его вертикальную скорость падения» [7, с.93].

Идея сама по себе *ничего не стоит без коллектива*, способного воплотить её в металл. Р.Е. Алексеев не просто давал задание – он увлекал. Он приглашал сомневающихся на реку Троцу, сажал в катер-буксировщик и демонстрировал, как модель с его «гидролапой» мягко выходит из воды. Он был не начальником, а старшим товарищем, доказывающим свою правоту делом. Именно так рождалось то самое единство, когда конструкторы, производственники и испытатели становились *единым организмом.* Дочь конструктора, Татьяна Ростиславовна, вспоминала, что отец часто повторял: «*Учитесь наблюдать*. Читать нас учат, а вот наблюдать нет. Читая, мы усваиваем мысли того, кто пишет, а наблюдая, вырабатываем свои» [7, с.66]. Эта философия стала основой работы всего коллектива. Они не просто выполняли чертежи – *они учились видеть мир иначе.* Однако, чем больше и успешнее становился коллектив, тем острее становился конфликт между «душой» этого коллектива и бюрократической машиной. Р.Е. Алексеев привык решать вопросы напрямую, минуя министерские инстанции. Он обращался к Н.С. Хрущёву, к Д.Ф. Устинову, к другим высшим руководителям страны. В министерских кабинетах его называли не иначе как «назойливым гением» [7, с. 83]. Главным антагонистом Алексеева стал министр судостроительной промышленности Борис Евстафьевич Бутома. Конфликт между ними был не просто личной неприязнью, а столкновением двух мировоззрений. Бутома – системный управленец, для которого главное – план, отчётность, соблюдение субординации. Р.Е. Алексеев же – *творец*, для которого главным была идея, а всё остальное – препятствия, которые нужно преодолеть.

Система начала методично разрушать то, что создавал Р.Е. Алексеев. Первым шагом стало отделение опытного производства от КБ: был создан самостоятельный завод «Волга». Теперь конструкторам приходилось согласовывать каждую мелочь с отдельным предприятием, что убивало живое творчество [7, с.74]. Вторым шагом стало отстранение Алексеева от должности начальника ЦКБ под лицемерным предлогом «в связи с пожеланиями коллектива» [7, с.85]. Для этого в ЦКБ приехало высокое должностное лицо из министерства, которое заявило, что «поступают жалобы на непоследовательные действия Р.Е. как конструктора, на его придирчивость, резкость в общении» [7, с.76.]. После минуты напряжённого молчания раздался один голос: «Да надоело всё это!» Этого оказалось достаточно. И вот здесь проявилась трагическая разница между «душой» и «телом» коллектива. Сама по себе структура ЦКБ продолжала работать: выпускались «Метеоры», «Ракеты», чертились новые проекты. Но живая душа – Р.Е. Алексеев – оказалась выброшена. Он продолжал работать в своём маленьком КБ-Б, испытывал модели на Троце, иногда пробираясь на трек через проломы в заборе [7, с.89]. Коллектив, лишённый своего *вдохновителя,* постепенно превращался в обычное бюрократическое предприятие. Р.Е. Алексеев без коллектива не мог развернуться, но и коллектив без Алексеева потерял свой главный *смысл.* Последние годы жизни Р.Е. Алексеева были годами медленного угасания. Он всё ещё грезил новыми идеями. Его последней мечтой был гражданский экраноплан «Волга-2», который он хотел продемонстрировать на Олимпийских играх 1980 г. в Москве [1], в проект которого вложил всю душу, но не успел. 17 января 1980 г. Алексеев в последний раз приехал в ЦКБ. Он был уже тяжело болен – накануне, помогая вытаскивать застрявшую модель СМ-9, он надорвался. В тот день он зашёл в свой кабинет, что-то взял, вышел и уехал домой навсегда [7, с.137]. 9 февраля 1980 г. его не стало. Трагедия Р. Е. Алексеева не в том, что его новые идеи оказались невостребованными. Его трагедия – в разрыве того живого, почти семейного единства, создаваемого десятилетиями. Он был «душой» не в переносном, а в самом прямом смысле: *он одушевлял технику, он одушевлял людей* вокруг себя. А его соратники – Н.А. Зайцев, И.И. Ерлыкин, Л.С. Попов, Б.А. Зобнин, С.А. Васильев – были тем «сердцем», которое перекачивало энергию его идей через все преграды.

Бюрократическая система, боявшаяся живого творчества, предпочитавшая мёртвые инструкции, сделала всё, чтобы это единство разрушить. И когда душа отделилась от тела, начался долгий и мучительный уход. Р.Е. Алексеев умер, так и не дождавшись олимпийского рейса своей «Волги-2». Но его коллектив – точнее, *память* о той удивительной сплочённости – осталась. Она осталась в книгах, в воспоминаниях ветеранов, в самом ЦКБ, которое носит его имя. Система не может отнять *память коллектива*, его *восхищения лидером*», дарящим *вдохновенную страсть и радость творчества*. Память остается в сердцах: и *постоянно живые цветы у памятника Р.Е. Алексееву* в Сормово есть свидетельство этому. Все это говорит о *личностных качествах* Р.Е. Алексеева *как* не только инженера-конструктора, но и создателя *творческого,* стабильно работающего*, коллектива единомышленников*, бесконечно преданных общему делу, объединенных общей целью и идеями лидера-творца, дарящего искры *вдохновения* соратникам. Все это и есть составляющие движения от инженерной идеи к ее воплощению как системообразующее начало инженерного творчества, тайна которого кроется в гениальности лидера, который *«был человек – человек во всём».*

Библиографический список

1. **Сахаров, А.А.**Творчество инженера – от образа к объекту (о жизненных увлечениях Ростислава Алексеева) / А.А. Сахаров, Е.П. Сахарова, Т.Л. Михайлова / /Региональная культура. Сборник научных трудов. – Нижний Новгород, 2023. – С. 60-65.
2. **Энгельмейер, П. К.** Теория творчества; с предисл. Д.Н. Овсянико-Куликовского, Э. Маха. Изд. 3-е. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. – 208 с. // Цит. по: А.А. Сахаров, Е.П. Сахарова, Т.Л. Михайлова.Творчество инженера – от образа к объекту (о жизненных увлечениях Ростислава Алексеева)//Региональная культура. Сборник научных трудов. – Нижний Новгород, 2023. – С. 60.
3. **Спецвыпуск газеты «Политехник»** № 9 (162). – Нижний Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 23 ноября 2016. – С. 6-7.
4. **Краснокутский, И. Д.** Опытовый бассейн Нижегородского государственного технического университета имени Р.Е. Алексеева // Концепт. – 2013. – № 12 (декабрь). – ART 13255. – С. 1-2.
5. **Зайцева, В.М**. Воспоминания о великом конструкторе: из личного архива // Цит. по спецвыпуску «Политехник»). – С. 2-3.
6. **Милкус А.** «Ростислав Алексеев: "Ракеты", "Кометы", "Буревестники"...» // Комсомольская правда – 2015.
7. **Иванов, А. В.** Корабелы в пятом океане / А.В. Иванов, В.Ф. Логинов. – Н. Новгород: Кварц, 2011. – 368 с., илл. – С. 66,74-77, 83-86, 89, 137

СЕКЦИЯ 1

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Подсекция 1.1

Радиоэлектронные системы и устройства

УДК 621.396.962.2

АНДРИЯНОВ А. А., МАВРЫЧЕВ Е.А.

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ В КООПЕРАТИВНЫХ AD HOC СЕТЯХ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Современные беспроводные сети играют важную роль в различных аспектах нашей жизни, от личных коммуникаций до критически важных приложений, таких как медицинские устройства и системы экстренной связи. Ad hoc сети, характеризующиеся своей децентрализованной структурой и способностью к самоорганизации, представляют собой значительный интерес для научного сообщества и практического применения. Однако эффективное функционирование таких сетей сталкивается с рядом вызовов, среди которых высокая подвижность узлов, изменчивость условий передачи и необходимость обеспечения надежной связи в условиях ограниченных ресурсов.

Пространственная обработка сигналов, как один из перспективных подходов, предлагает решения для преодоления этих проблем, что делает данное направление актуальным и востребованным.

Одной из ключевых проблем обработки сигналов в ad hoc сетях является высокая динамичность их топологии, вызванная мобильностью узлов. Это приводит к частым изменениям маршрутов и сложностям в поддержании стабильности соединений. Дополнительно, изменчивость характеристик канала связи, таких как интерференция и затухание сигнала, создает дополнительные трудности для традиционных методов обработки сигналов, что требует разработки новых подходов, способных адаптироваться к таким условиям.

Библиографический список

1. G. J. Foschini, “Layered space-time architecture for wireless communication in a fading environment when using multiple antennas,” in *Bell Labs Tech. J.*, vol. 1, 1996, pp.41–59.
2. J. N. Laneman and G. W. Wornell, “Distributed space-time-coded protocols for exploiting cooperative diversity in wireless networks,” *IEEE Trans. Inform. Theory*, vol. 49, no. 10, Oct. 2003.

УДК 621.396.96

БАЛАХНИН Д.И., КУЗНЕЦОВ С.Е., ПЛУЖНИКОВ А.Д.

ОДНОЗНАЧНОЕ ИЗМЕРЕНИЕ СКОРОСТИ ОБЪЕКТОВ АВТОМОБИЛЬНЫМ РАДАРОМ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Радарные системы для автомобилей и иных транспортных средств приобретают все большую популярность и в настоящее время применяются весьма широко. Разные компании по всему миру предлагают всё более совершенные решения для повышения эффективности таких систем. При этом целью совершенствования автомобильных радаров является снижение количества дорожно-транспортных происшествий, которые возникают как из-за ошибок водителя, так и из-за недостаточного качества радарных систем, а также взаимосвязанных с ними технических средств.

Важными качественными показателями автомобильных радаров, требующими своего повышения, являются разрешающая способность и точность измерений. К основным измеряемым с помощью автомобильных радаров величинам относятся дальность, азимут и радиальная скорость обнаруженных объектов. Разрешающая способность по азимуту определяется характеристиками антенной системы, а по радиальной скорости и дальности – характеристиками зондирующего сигнала [1]. Для автомобильных радаров, как правило, выбирают непрерывный зондирующий сигнал с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ) при достаточно быстром изменении частоты. Однако при этом появляется неоднозначность определения скорости объектов при ее измерении посредством определения доплеровского смещения частоты принимаемых сигналов.

Для устранения неоднозначности определения доплеровской частоты сигналов (скорости объектов) в автомобильных радарах может быть использован алгоритм на основе скачков частоты излучения [2].

Основная идея алгоритма заключается в применении сигнала особого вида, являющегося модификацией классической последовательности ЛЧМ импульсов [1]. Данный вид сигнала представляет собой комбинацию последовательности импульсов с быстрым изменением частоты и дополнительного сдвига частоты. При этом алгоритм измерения доплеровской частоты делится на два этапа: на первом этапе измерение (доплеровское) является точным, но неоднозначным; на втором этапе измерение (фазовое) является однозначным, но менее точным. В итоге достигаются необходимые точность и однозначность результатов измерения. В частности, точность измерения дальности и радиальной скорости оказываются не хуже, чем при использовании классической последовательности ЛЧМ импульсов.

Таким образом, предлагаемый зондирующий сигнал обеспечивает одновременное выполнение требований высокоточного и однозначного измерения дальности и радиальной скорости объектов даже при их достаточно большом количестве.

В работе определены также возможности использования предложенных сигнала и алгоритма в зависимости от отношения сигнал/шум.

Библиографический список

1. Heuel S. Radar Waveforms for A&D and Automotive Radar. Rohde & Schwarz White Paper Nr.1MA239_0e1, 2015. 19 p.
2. Rohling H., Meinecke M. Waveform design principles for automotive radar systems // 2001 CIE International Conference on Radar Proceedings (Cat No.01TH8559), 2001, pp. 1-4.

УДК 621.396

БАРАНОВА А.М., ИЛЛАРИОНОВ И.А., ЧИСТЯКОВ А.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДИКИ АНАЛИЗА И РАСЧЕТА РАЗВЯЗКИ/СВЯЗИ МЕЖДУ АНТЕННАМИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Современный этап развития авиационной техники характеризуется резким увеличением плотности размещения антенно-фидерных устройств (АФУ) на борту летательных аппаратов (ЛА). В связи с этим для обеспечения электромагнитной совместимости большого количества радиоэлектронных систем, работающих в смежных частотных диапазонах, требуется точное прогнозирование уровней взаимных помех еще на этапе разработки АФУ.

Целью данного исследования является верификация и уточнение аналитической методики расчета коэффициента развязки/связи между антеннами, размещенными на криволинейных поверхностях фюзеляжа ЛА, а также определение границ применимости данных методов в сравнении с современным программным обеспечением электродинамического анализа.

Методика предназначена для расчета развязки/связи антенн в дальней зоне всех типов антенн ЛА при условии, что рабочая длина волны и длина волны радиопомехи меньше радиуса фюзеляжа и отсутствует экранирующее влияние крыльев. В основу работы положен математический аппарат геометрической теории дифракции. Фюзеляж ЛА аппроксимируется цилиндром с заданным радиусом кривизны.

В работе особое внимание уделено вычислению коэффициента связи β_{12}, который интегрирует в себе потери на распространение, коэффициенты усиления антенн, потери в фидерных линиях и кросс-поляризационные потери, возникающие из-за кривизны поверхности ЛА.

В рамках исследования авторами был предложен алгоритм выбора расчетных формул в зависимости от взаимного расположения антенн, анализ позволяет выявить зависимость погрешности метода от электрического радиуса фюзеляжа $k\alpha$.

Установлено, что при значениях $k\alpha > 5$ методика обеспечивает точность прогнозирования развязки в пределах 3–5 дБ, что является достаточным для инженерных оценок ЭМС. В работе также представлен математический вывод связи расчетного коэффициента связи с параметрами матрицы рассеяния S_{21}, что позволит напрямую сопоставлять результаты с данными векторных анализаторов цепей при натурных испытаниях.

УДК 621.396

БАШМАЧНИКОВ А.С., КИРИН Д.Н., МАВРЫЧЕВ Е.А.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ФАР ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫМ КОМПЛЕКСОМ НА ОСНОВЕ СЦВМ «СОЛО-25»

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Современные радиолокационные системы (РЛС) функционируют в условиях сложной электромагнитной обстановки, что требует применения цифровых антенных решеток с прецизионным управлением характеристиками излучения. В отличие от традиционных фазированных решеток, цифровые антенные решетки позволяют осуществлять многолучевой прием и обеспечивают высокую точность реализации амплитудно-фазовых распределений в раскрыве антенны, что является определяющим фактором для обнаружения целей с малой эффективной площадью рассеяния [1, 2].

Целью данной работы является проектирование архитектуры системы управления высокопотенциальной РЛС, функционирующей под управлением нескольких специализированных цифровых вычислительных машин (СЦВМ) семейства «Соло-25.х». Ключевой технической проблемой при реализации подобных систем является обработка потоков данных высокой интенсивности, поступающих с приемных модулей. Для решения этой задачи предложена двухэтапная иерархическая структура обработки. На первом уровне группы вычислителей СЦВМ «Соло-25.13» выполняют первичный сбор информации и формирование парциальных лучей. На втором уровне «Соло-25.14» осуществляет объединение промежуточных диаграмм направленности (ДН) и финальную пространственно-временную обработку сигналов.

Аппаратная база комплекса строится на использовании программируемых логических интегральных схем и сигнальных процессоров, что позволяет достичь требуемой производительности при реализации алгоритмов цифрового диаграммообразования. Для обеспечения надежного командно-информационного взаимодействия между узлами системы и исключения электромагнитных наводок применены высокоскоростные волоконно-оптические линии связи.

В одном из синтезированных режимов работы РЛС ¬– режим сопровождения целей система обеспечивает формирование ДН специальной формы: равноамплитудное распределение на передачу и пять лучей в угломестной плоскости на прием при амплитудном распределении косинус квадрат на пьедестале в азимутальной плоскости.

Отдельным важным аспектом является сохранение функциональности РЛС при выходе из строя части активных элементов решетки. В работе исследован метод восстановления характеристик ДН на основе генетического алгоритма. Математическое моделирование в среде MATLAB показало, что коррекция распределения весовых коэффициентов исправных каналов позволяет эффективно минимизировать рост уровня боковых лепестков, вызванный отказами элементов. Данный подход обеспечивает живучесть антенной системы и стабильность параметров зондирования без необходимости оперативного механического ремонта модулей.

Библиографический список

1. Григорьев В.Л., Трусов В.Н., Гостюхин А.В. Активные фазированные антенные решетки / Под ред. В.Л. Гостюхина. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Радиотехника, 2011. – 304 с.
2. Хансен Р.С. Фазированные антенные решетки. – 2-е изд. – М.: Техносфера, 2012. – 560 с.

УДК 621.391

ГУСЕВ Г.А.[1], ЯРОВАЯ Е.И.[2]

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ СИГНАЛОВ С QPSK И 16-QAM В КАНАЛЕ С AWGN

[1]Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского
[2]Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В современных системах беспроводной связи и радиолокации критически важным является выбор метода цифровой модуляции, определяющий баланс между скоростью передачи данных и энергетической эффективностью канала. Целью данной работы является сравнительный анализ помехоустойчивости квадратурной фазовой модуляции (QPSK) и 16-позиционной квадратурной амплитудной модуляции (16-QAM) при воздействии аддитивного белого гауссовского шума (AWGN).

Рассмотрено представление двумерных сигналов с использованием синфазной (*I*) и квадратурной (*Q*) компонент. Показано, что сигналы QPSK и 16-QAM могут быть описаны

как линейные комбинации ортонормированных базисных функций, что позволяет анализировать их свойства в евклидовом пространстве. Проведен расчет минимального евклидова расстояния между сигнальными точками в созвездиях. Для QPSK сигналов при единичной средней мощности данное расстояние составляет $d_{\min} = 2$, тогда как для 16-QAM оно уменьшается до значения $d_{\min} = 2/\sqrt{10}$, что теоретически предопределяет более высокую требуемую энергию сигнала для 16-QAM при равной вероятности ошибки.

Аналитически получены выражения для вероятности битовой ошибки (BER) от отношения сигнал/шум на бит (E_b/N_0). Для QPSK данная зависимость определяется функцией $BER = Q\left(\sqrt{2E_b/N_0}\right)$, что эквивалентно характеристикам двоичной фазовой модуляции (BPSK) при условии равенства энергии на бит. Для 16-QAM выражение имеет вид, учитывающий многоуровневое детектирование компонент I и Q с порогами 0 и $\pm 2/\sqrt{10}$. Теоретические расчеты показывают, что для достижения вероятности ошибки $BER = 10^{-3}$ сигналам 16-QAM требуется отношение сигнал/шум примерно на 6,8 дБ больше, чем QPSK (16,7 дБ против 9,9 дБ соответственно).

На основе полученных аналитических выражений разработана имитационная модель канала связи с AWGN в среде математического моделирования MATHLAB. Проведен вычислительный эксперимент, в ходе которого получены зависимости BER от E_b/N_0 для обоих видов модуляции. Результаты моделирования продемонстрировали высокую сходимость с теоретическими кривыми, что подтверждает корректность алгоритмов модуляции и демодуляции (использование кода Грея и когерентного приема).

Полученные результаты наглядно иллюстрируют компромисс между скоростью передачи информации и помехоустойчивостью. Использование 16-QAM позволяет передавать 4 бита на символ (против 2 бит у QPSK), что увеличивает битовую скорость. Однако платой за это является необходимость увеличения мощности передатчика для сохранения качества связи.

Полученные в ходе имитационного моделирования характеристики могут быть использованы при проектировании адаптивных систем связи для динамического переключения между модуляциями в зависимости от текущей помеховой обстановки в канале.

УДК 621.391:621.382

ЕФИМОВ М.Д., ТУПИКОВ П.А.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ В НАВИГАЦИОННОМ ПРИЁМНИКЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ ИХ НА МИКРОКОНТРОЛЛЕРЕ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Современные навигационные приёмные комплексы функционируют в условиях высоких требований к точности, помехоустойчивости и надёжности обработки радиосигналов. Традиционные архитектуры, в которых функции конфигурирования аппаратной части и контроля рабочих режимов распределены между разрозненными вычислительными узлами, характеризуются избыточной сложностью и сниженной отказоустойчивостью. Перспективным направлением является построение гетерогенных систем, в которых программируемая логика (ПЛИС) выполняет высокоскоростной приём и первичную обработку навигационных сигналов, а микроконтроллер класса ARM Cortex-M обеспечивает централизованное управление конфигурацией ПЛИС, мониторинг текущих параметров тракта и контроль корректности выполнения алгоритмов обработки в реальном времени [1, 2].

Целью данной работы является программная реализация МЦО (модуля цифровой обработки), в котором микроконтроллер выполняет функции конфигурирования ПЛИС, контроля состояния подсистем и предоставления удалённого интерфейса оператора. Ключевой техни-

ческой задачей при интеграции периферийных интерфейсов и сетевого стека в операционную среду реального времени является обеспечение предсказуемого взаимодействия между задачами и исключение конфликтов аппаратных прерываний с планировщиком. Для решения этой задачи предложена многоуровневая архитектура, включающая специализированный протокол для обмена данными с ПЛИС, аппаратно-разгруженный конвейер приёма данных и асинхронный веб-интерфейс [3].

Программная реализация выполнена на базе операционной системы реального времени FreeRTOS и стека протоколов LwIP. Для организации обмена с ПЛИС использован синхронный последовательный интерфейс, а для приёма потока отсчётов — интерфейс I²S в связке с контроллером прямого доступа к памяти, что позволило исключить загрузку центрального процессора на этапе захвата данных. Особое внимание уделено настройке контроллера прерываний и согласованию приоритетов аппаратных запросов с порогом системных вызовов ОСРВ, что стабильную работу сетевых соединений. Взаимодействие с пользователем реализовано через встроенный HTTP-сервер, предоставляющий асинхронное обновление индикаторов состояния и удалённую отправку конфигурационных параметров.

Экспериментальная проверка работоспособности комплекса проводилась методом последовательной функциональной верификации подсистем. Подтверждена корректная работа конвейера приёма данных, протокола обмена данными между МК и ПЛИС, а также веб-интерфейса при одновременной активности всех модулей. Система демонстрирует устойчивое функционирование в условиях, приближённых к эксплуатационным, что создаёт технологическую основу для последующего внедрения новых алгоритмов.

Библиографический список

1. Баранов А. В. Микроконтроллеры ARM Cortex-M: архитектура, программирование, отладка. – М.: ДМК Пресс, 2021. – 480 с.
2. Яценков В. С. Основы спутниковой навигации. – М.: Горячая линия-Телеком, 2020. – 268 с.
3. Barry R., Freeman E. Mastering the FreeRTOS Real Time Kernel: A Hands-On Tutorial Guide. – Real Time Engineers Ltd., 2022. – 312 с.

УДК 621.382

ИВАНОВ О.В., ТИТОВА А.М., ШЕНГУРОВ В.Г., АЛЯБИНА Н.А., ДЕНИСОВ С.А.

РАЗРАБОТКА ПРИБОРОВ С P-N-ПЕРЕХОДОМ НА ОСНОВЕ СЛОЁВ ГЕРМАНИЯ-ОЛОВА, ВЫРАЩЕННЫХ МЕТОДОМ МОЛЕКУЛЯРНО-ЛУЧЕВОЙ ЭПИТАКСИИ С ГАЗОВЫМ ИСТОЧНИКОМ И ГОРЯЧЕЙ НИТЬЮ

Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского

Слои германий-олова (GeSn) известны как материал оптоэлектроники, но их приборные свойства ещё недостаточно хорошо изучены. Для оценки возможности реализации диодов с p-n переходами на основе GeSn были выращены методом molecular-beamepitaxywithgassourceandhotwire (HW GS MBE) слои GeSn с содержанием олова плоть до 10% на подложках Si(100) и Ge(100) при низкой (200°C) температуре. Данный метод позволяет выращивать достаточно совершенные по структуре эпитаксиальные слои GeSn при таких низких температурах (~200°C). Слои GeSn в процессе роста были легированы: для легирования n-типа использовалось испарение фосфора (P) из GaP сублимационного источника, Ga использовали как легирующую примесь p-типа и его испаряли из эффузионной ячейки. Газовым источником был моногерман (GeH_4), который вводили в камеру роста до давления

(2:6)x10^4 торр и направляли на горячую нить (тантал), нагретую до температуры t = 1.400°C. Нить находилась на расстоянии ~3 см от подложки. На горячей нити GeH_4 каталитический диссоциировал на Ge-содержащие радикалы и атомы водорода, которые осаждались на подложку и формировали вместе с оловом слои GeSn.

Диодные структуры были изготовлены с использованием фотолитографии и химического травления для формирования мез. Металлы электрических контактов осаждали электронный лучевым испарением. Вольт-амперная характеристика (ВАХ) мезо-диодов были измерены с помощью характерографа. Они были проанализированы в зависимости от содержания олова в слое n-типа и от уровня легирования фосфором. Для этих приборов подложками были пластины Ge P-типа с удельным сопротивлением 1-20 ом*см и 0,005 ом*см. С помощью метода CV-профилирования были измерены профили распределения концентрации носителей заряда в базовой области диодных структур. Результаты демонстрируют, что GeSn p-n переходы выполнены как обычные диоды, но с низким рабочим напряжением и они могут быть использованы для маломощных применений.

УДК 621.396.2

КРАЕВ А.А., МАХЛЫШЕВ М.В., ПЛУЖНИКОВ А.Д.

ПОМЕХОУСТОЙЧИВОЕ КОДИРОВАНИЕ КАНАЛА ДАННЫХ В СИСТЕМАХ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ ЧЕТВЕРТОГО ПОКОЛЕНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Использование турбокодов и итеративных алгоритмов их декодирования позволяет достичь качественных показателей, близких к теоретическим пределам, что подтверждает эффективность турбоконструкций, в частности, для спутниковых систем связи, а также мобильной сотовой радиосвязи [1].

Настоящий доклад посвящен разработке и верификации RTL-модели турбо-декодера, отвечающей требованиям стандарта LTE, в применении к помехоустойчивому кодированию канала данных в системах мобильной связи четвертого поколения. Актуальность работы связана со стремительным развитием беспроводных технологий и ужесточением требований к надежности передачи данных. Турбо-коды, лежащие в основе упомянутого стандарта, обеспечивают близкую к теоретическому пределу помехоустойчивость. Однако их практическая реализация сопряжена с высокой вычислительной сложностью итеративных алгоритмов декодирования, значительными аппаратными затратами и, как следствие, с усложнением верификации микроэлектронных узлов [2]. Причем стоимость исправления ошибок, не обнаруженных при верификации, на поздних этапах проектирования может оказаться неприемлемой. Поэтому создание надежных методов верификации является критически важной задачей.

Предлагаемая работа опирается на накопленный отечественный и мировой опыт в области турбокодирования. Её результатом является эталонная поведенческая модель на языках высокого уровня, которая служит источником тестовых векторов и позволяет предварительно оценить помехоустойчивость посредством построения графиков BER/FER. На основе выбранной микроархитектуры, обеспечивающей компромисс между вычислительной сложностью и производительностью, выполняется RTL-описание на языке SystemVerilog, реализующее все функциональные блоки турбо-декодера, включая механизмы чередования и итерационного декодирования. Особое внимание уделяется созданию полнофункциональной UVM-верификационной среды со специализированными последовательностями тестовых воздействий, мониторами для контроля поведения устройства и автоматизированными сравнивающими механизмами, что позволяет гарантировать корректность работы оборудования на ранних этапах проектирования. Полученные в результате верифицированная RTL-модель

турбо-декодера и UVM-верификационная среда могут быть реализованы в составе телекоммуникационных систем на кристалле, а также в образовательном процессе для подготовки специалистов в области цифровой обработки сигналов и микроэлектроники, что определяет практическую значимость работы.

Библиографический список

1. Набаев И.А.Анализ эффективности турбокодов в системах обработки и передачи данных :автореф. дис. к-та тех. наук : (05.13.01) / Небаев Игорь Алексеевич ; Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф М.А. Бонч-Бруевича – Санкт-Петербург, 2013. – 16 с.
2. Сарагоса, Роберт. Искусство помехоустойчивого кодирования: методы, алгоритмы, применение: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлениям подготовки "Прикладные математика и физика" и "Телекоммуникации" / Р. Морелос-Сарагоса ; пер. с англ. В. Б. Афанасьева. — Москва :Техносфера, 2006. — 319 с.

УДК 621.396.96

НИСМИРНОВ А.А., КОГТЕВА Л.В., КОЛПАКОВ Р.А.

АЛГОРИТМЫ ЦИФРОВОЙ ВТОРИЧНОЙ ОБРАБОТКИ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ В УСЛОВИЯХ СЛОЖНОЙ ПОМЕХОВОЙ ОБСТАНОВКИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В современном мире использование радиолокационных систем является неотъемлемой частью мониторинга воздушного и наземного пространства, так как во многих сферах жизнедеятельности требуется постоянный анализ информации о различных объектах. Одной из ключевых задач радиолокации является обнаружение цели, измерение дальности до нее и определение скорости. Получение данной информации позволяет сформировать первичную оценку цели.

Процесс обработки радиолокационной информации традиционно разделяют на первичную, вторичную и третичную [1, 2]. Первичной обработки во многих случаях недостаточно ни для принятия окончательного решения об обнаружении цели из-за вероятность ложных тревог, ни для полной оценки параметров ее движения, таких как направление, ускорение и полный вектор скорости, необходимых для прогнозирования траектории. Ситуация осложняется тем, что после первичной обработки поступают измерения, вызванные ложными срабатываниями вследствие воздействия помех.

Именно поэтому в ходе межобзорного анализа необходимо первоначально выделить из всей совокупности измерений те, которые соответствуют реальным целям, а затем на основе отобранных измерений оценить параметры движения цели. Решение этих задач составляют основную цель вторичной обработки, которую также называют траекторной обработкой радиолокационной информации [3].

Объектом исследования является изучение и разработка алгоритмов цифровой вторичной обработки радиолокационной информации в условиях сложной помеховой обстановки. В процессе выполнения работы были изучены алгоритмы вторичной обработки, после чего выбраны отдельные методы для практической реализации. Для оценки эффективности разработанных алгоритмов использовались данные радиолокационной системы кругового обзора, разрабатываемой на предприятии АО «ФНПЦ «ННИИРТ».

В рамках практической части была разработана программа вторичной обработки в среде MATLAB. Программа позволяет визуализировать набор первичных отметок: строить графики пространственного распределения всех отметок и графики сформированных траекто-

рий. Для наглядной демонстрации работы алгоритмов вторичной обработки реализована интерактивная функция выделения конкретной траектории при выборе любой входящую в нее отметки. На основе визуального анализа полученных графиков делаются выводы целесообразности использования выбранного алгоритма вторичной обработки по сравнению с альтернативными алгоритмами.

Библиографический список

1. Коновалов А.А. Основы траекторной обработки радиолокационной информации. Часть 1 / СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013.
2. Коновалов А.А. Основы траекторной обработки радиолокационной информации. Часть 2 / СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2014.
3. Кузьмин С. З. Основы проектирования систем цифровой обработки радиолокационной информации. М.: Радио и связь, 1986.

УДК 621.373

ПУГАЧЕВ В.И., БАЛОБАНОВ Е.С., ДАНИЛОВ И.Н.

РАЗРАБОТКА ГЕНЕРАТОРА, УПРАВЛЯЕМОГО НАПРЯЖЕНИЕМ, ДЛЯ ПРИЕМО-ПЕРЕДАЮЩЕГО МОДУЛЯ РАДАРА С СИНТЕЗИРУЕМОЙ АПЕРТУРОЙ, РАБОТАЮЩЕГО В С-ДИАПАЗОНЕ

Филиал федерального государственного унитарного предприятия
«Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики»
«Научно-исследовательский институт измерительных систем им Ю.Е. Седакова»,
г. Нижний Новгород

Рассматривается вопрос разработки генератора, управляемого напряжением (ГУН), для микросхемы синтезатора частот с фазовой автоподстройкой частоты 1288ПЛ1У, предназначенного для использования в приемопередающем модуле радара с синтезируемой апертурой, работающего в С-диапазоне. Показано, что в условиях санкционных ограничений и прекращения поставок импортной электронной компонентной базы возникла необходимость разработки отечественных решений для высокочастотной части радиолокационных систем.

Поскольку выбранная микросхема 1288ПЛ1У не имеет встроенного ГУН, разработка внешнего генератора является ключевой задачей. Генератор реализован в виде монолитной интегральной схемы на подложке GaAs по схеме генератора Колпица (емкостная трёхточка) с электрической перестройкой частоты через варикап.

Описаны три основных этапа проектирования: разработка принципиальной схемы с использованием сосредоточенных элементов и её оптимизация, замена элементов на компоненты МИС (тонкопленочные конденсаторы, меандровые индуктивности, резистивные слои) и разработка топологии. Приведены результаты моделирования, показывающие, что разработанный ГУН обеспечивает выходную мощность около 11 дБм в рабочем диапазоне частот. Отмечены достоинства схемы (простота, понятность, высокая выходная мощность) и недостатки (узкая полоса перестройки, необходимость использования аттенюатора и делителя мощности для согласования с микросхемой 1288ПЛ1У). Намечены направления дальнейшего совершенствования, включая расширение диапазона перестройки путем изменения номиналов ёмкостей колебательного контура.

УДК 621.396

РЫБАКИНА Е.Д.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПОДАВИТЕЛЯ ШУМА В РАДИОПРИЕМНИКЕ ДКМВ ДИАПАЗОНА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В современной авиации очень важную роль играет радиосвязь. Своевременная и качественная передача информации на значительные расстояния имеет стратегически важное значение, особенно в военной отрасли. Большой интерес для бортовой связи представляют радиостанции декаметрового диапазона длин волн (ДКМВ диапазона), которые могут передавать информацию на расстояния свыше 1500 км за счет переотражений от ионосферы [1]. Одной из самых важных и трудных задач при разработке любых радиосвязных устройств является обеспечение качественной связи при наличии различного рода помех и шумов. Частично эту задачу решает подавитель шума.

Реализация системы шумоподавления в бортовой радиостанции ДКМВ диапазона является особенно актуальной из-за подверженности этого диапазона атмосферным и индустриальным помехам, а также явлениям многолучевого распространения и замираний радиоволн.

Данная работа была посвящена разработке порогового подавителя шума (ПШ).

Пороговый подавитель шума — это устройство, которое отключает выходной каскад (динамик) радиостанции при отсутствии в нем полезного сигнала.

Такая система позволит решить ряд следующих задач.

1. Уменьшение усталости и повышение эффективности работы оператора. Постоянный шум в эфире — критический фактор, вызывающий усталость и снижающий внимание при длительной работе. Эффективная система ПШ устраняет этот фоновый шум, позволяя оператору концентрироваться только на полезных сигналах и не пропустить важное сообщение.

2. Экономия энергоресурсов. Подавитель шума, отключая выходной каскад в паузах, позволяет экономить энергию.

3. Дополнение более сложных алгоритмов обработки сигналов.

Сложные условия распространения сигнала в ДКМВ канале не позволяют использовать классические простейшие алгоритмы, основанные на оценке уровня сигнала и сравнении его с фиксированным порогом. Требование работы в реальном времени и ограничения по вычислительной базе затрудняют применение алгоритмов, использующих машинное обучение и нейросети, как, например, в [2] и [3], к тому же многие из них избыточны для поставленной задачи.

В данной работе был разработан простой, но в то же время эффективный в ДКМВ диапазоне алгоритм, который проводит кратковременный спектральный и кепстральный анализ и принимает решение о наличии полезного сигнала на основе сравнения полученных значений с адаптивными порогами.

Совместно рассматриваются следующие параметры сигнала: энергия, дисперсии амплитудного спектра, спектра мощности и кепстра, спектральный центроид, спектральный спад, спектральный разброс, спектральная энтропия и спектральный наклон. Подробное описание каждой их этих характеристик дано в [4] и [5].

Также исследуется возможность использования психоакустических фильтров, которые учитывают особенности человеческого восприятия звука. Они позволяют сделать акцент на наиболее значимых составляющих речи (формантах), частично отфильтровать шум и помехи и уменьшить объем данных для дальнейшей обработки.

В связи с постоянно меняющимися условиями канала распространения для всех параметров требуется адаптивный расчет порогов. В данной работе это осуществляется за счет вычисления средних значений в скользящем окне по анализируемым параметрам.

Такая система позволит обеспечить качественное, стабильное и при этом быстрое шумоподавление даже в тяжелой шумовой и помеховой обстановке ДКМВ канала связи.

Библиографический список

1. **Johnson E. E.** Third-Generation and Wideband HF Radio Communications / E. E. Johnson, E. Koski, W. N. Furman, M. Jorgenson, J. Nieto. – Norwood, MA : Artech House, 2013. – 250 p.
2. **Wang H.** Two-step judgment algorithm for robust voice activity detection based on deep neural networks / H. Wang / 2017 International Conference on Computer Technology, Electronics and Communication (ICCTEC). – IEEE, 2017. – P. 1–4.
3. **Putra K. T.** Voice verification system based on Bark-frequency cepstral coefficient / K. T. Putra / Journal of Electrical Technology UMY. – 2017. – Vol. 1, No. 1. – P. 3–10.
4. **Lerch A.** An Introduction to Audio Content Analysis: Applications in Signal Processing and Music Informatics / A. Lerch. – Hoboken : John Wiley & Sons, 2012. – 272 p. – (IEEE Press).
5. **Столбов М. Б.** Анализ и модели речевых сигналов : учебное пособие / М. Б. Столбов, В. Л. Иванов. – Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2024. – 97 с.

УДК 621.3.029.65

ВДОВИН В.Ф.[1], ЛЕСНОВ И.В.[1,2], МИНЕЕВ К.В.[1,2], САЛЬКОВ В.А.[1,2]

ЛАБОРАТОРНЫЙ МАКЕТ РАДИОМЕТРА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АТМОСФЕРНОГО ПОГЛОЩЕНИЯ В ОКНЕ ПРОЗРАЧНОСТИ 1,3 ММ

[1] Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук
[2] Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Субтерагерцовая (субТГц) радиоастрономия (0.1-1 ТГц) является перспективным направлением изучения космического пространства: исследование холодной Вселенной, межзвездных газопылевых облаков, реликтового фона и др. Примером обсуждаемого в СМИ достижения является получение в 2022 году изображения тени сверхмассивной черной дыры в нашей галактике Млечный Путь командой проекта «Телескоп Горизонта Событий» (ТГС) [1]. В прошлом году ими актуализированы обработанные снимки тени черной дыры и в галактике M87.

В Российской Федерации также разрабатываются научные программы по освоению субТГц диапазона, в частности, проект космической обсерватории «Миллиметрон» [2], позволяющей проводить исследования на центральных частотах 43, 100, 240, 330 и 640 ГГц, в том числе в режиме радиоинтерферометра со сверхдлинными базами (РСДБ) в составе проекта ТГС. Кроме радиотелескопа космического базирования планируется строительство наземного инструмента, способного функционировать на частотах 230 и 350 ГГц (1,3 и 0,8 мм окна прозрачности атмосферы). С помощью радиометров, описанных в работах [3] и [4], были проведены исследования атмосферного поглощения в наиболее перспективных местах РФ, однако эти измерения проводились на центральных частотах 90 и 140 ГГц (в окнах прозрачности атмосферы 3 и 2 мм), что не позволяет точно оценить параметры атмосферы в 1,3 мм и тем более 0,8 мм окне. В связи с этим командой исследователей ИПФ РАН принято решение о создании радиометра для прямых измерений в 1,3 мм окне с возможностью модернизации на 0,8 мм окно прозрачности.

В докладе обосновывается актуальность проводимой разработки и приводится концепт радиометра, реализованный в виде лабораторного макета, собранного по модуляционной схеме, с механическим модулятором-калибратором, вынесенным за пределы приемной части. В центре модулятора расположено полноповоротное зеркало, необходимое для оценки атмосферного поглощения по методу атмосферных разрезов. Приемная часть радиометра реали-

зована по схеме прямого усиления, состоящая из трех каскадов усиления с детектором Шоттки. Теоретический расчет шумовой температуры $T_ш$ приемной части радиометра и предельной флуктуационной чувствительности ΔT подробно описан в работе [5]. Здесь отметим, что ΔT = 15 мК при широкой полосе приема 40 ГГц и времени усреднения в 1 с. Выбор механического модулятора обусловлен отсутствием коммерчески доступных электронных модуляторов-калибраторов с малыми прямыми потерями (~0.5 дБ). Также в докладе приводятся первые результаты испытаний лабораторного макета радиометра путем измерения шумовой температуры по методу Y-фактора.

Работа выполняется в рамках проекта РНФ №23-79-00006.

Библиографический список

1. The Event Horizon Telescope Collaboration. First Sagittarius A* Event Horizon Telescope Results. I. The Shadow of the Supermassive Black Hole in the Center of the Milky Way. TheAstrophysicalJournalLetters. 2022. 930:L12 (21pp) doi: 10.3847/2041-8213/ac6674

2. Задачи научной программы космической обсерватории Миллиметрон и технические возможности её реализации / И.Д. Новиков, С.Ф. Лихачев, Ю.А. Щекинов и др. // Успехи физических наук, 2021, №4, с. 404-443

3. Двухволновый измеритель радиопрозрачности атмосферы миллиметрового диапазона / В. И. Носов, О.С. Большаков, Г.М. Бубнов и др. // Приборы и техника эксперимента, 2016, № 3, с. 49–56

4. Мобильный полноповоротный радиометрический комплекс для астрономических и атмосферных исследований./О. С. Большаков, Г.М.Бубнов, А.В. Вдовин и др. // Приборы и техника эксперимента, 2023, № 1, с. 112–119

5. Концепция радиометра для оценки прозрачности атмосферы в окне 1,3 мм. / В.Ф. Вдовин, А.М.Зарезин, П.М Землянуха и др. // Приборы и техника эксперимента, 2024, №5, с 1-30.

УДК 621.396.673

ИЛЛАРИОНОВ И.А., СЕНЕНКОВ В.А., ЧИСТЯКОВ А.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ АНТЕННЫ ДЕЦИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Современные требования к антеннам дециметрового диапазона (ДМВ, 300 МГц-3 ГГц) для подвижных объектов включают не только электрические параметры, но и устойчивость к внешним воздействиям, а также совместимость с когнитивными системами. В работе проведено исследование антенны АНТ1500-В-К2 (диапазон 950-1800 МГц) в составе помехозащищённых радиомодемов.

Для всестороннего исследования выполнен комплекс испытаний: электрических (КСВН, коэффициент усиления, поляризация, импеданс), механических (вибрация, удары, акустический шум, ветровая нагрузка), климатических (температура, влажность, давление, дождь, иней, пыль, солнечное излучение, соляной туман), а также проверка надёжности, метрологии, безопасности, технологичности, патентной чистоты и документации. Контроль состояния – внешний осмотр и измерение КСВН до, в процессе и после воздействий. Такой подход позволяет оценить пригодность антенны к эксплуатации и выявить недостатки, требующие доработки.

Ключевые определения. Дециметровый диапазон волн (ДМВ) – частотный интервал 300 МГц-3 ГГц (длина волны от 10 см до 1 м). Коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВН) – отношение максимального напряжения в стоячей волне к минимальному; характе-

ризует согласование антенны с фидером, норма ≤ 2,2. Коэффициент усиления (КУ) – отношение мощности излучения в главном направлении к мощности изотропного излучателя (дБи). Диаграмма направленности (ДН) – зависимость напряжённости поля от угловых координат; для данной антенны требуется круговая ДН в горизонтальной плоскости (неравномерность ≤ 3 дБ) и ширина лепестка в вертикальной плоскости ≥ 30°. Кроссполяризационная развязка (XPD) – разность уровней сигналов на основной и ортогональной поляризациях (дБ), норма ≥ 10 дБ. Импеданс (волновое сопротивление) – для антенных трактов стандартизован 50 Ом. Синусоидальная вибрация – испытания с гармоническими колебаниями (20–200 Гц, 3g). Механический удар многократного действия – серия кратковременных перегрузок (1000 ударов, 3g, 6 мс). Акустический шум – звуковое давление до 130 дБ в диапазоне 50-10000 Гц. Термоциклирование – резкие перепады температуры от –45 до +85 °C. Соляной туман – аэрозоль NaCl (50 г/л) для проверки коррозионной стойкости. Средняя наработка до отказа (T_0) – ожидаемое время работы до первого отказа, для данной антенны расчётное значение $15{,}5 \cdot 10^6$ ч. Гамма-процентная наработка – время, в течение которого отказ не возникнет с вероятностью 95% ($796 \cdot 10^3$ ч).

УДК 621.396.96

СНЕГОВ Д.А., ПЛУЖНИКОВ А.Д., КУЗНЕЦОВ С.Е.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ АЛГОРИТМОВ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ В РАДАРЕ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящие время радары миллиметрового диапазона получают все большее распространение в различных сферах применения, таких как транспортные системы (автомобили, летательные аппараты), контроль дорожного движения и обеспечение безопасности критической инфраструктуры [1]. Использование радарных систем позволяет контролировать ситуацию в сложных погодных условиях, где другие сенсоры неэффективны.

Для обеспечения соответствия постоянно растущим требованиям радарные системы приобрели возможность измерять не только дальность, но и определять размеры и типы объектов, находящихся в зоне обзора. Алгоритмы обработки, применяемые в радах, усложнялись и требовали все больше вычислительных ресурсов. Для реализации алгоритмов обработки в радарных системах существует несколько вариантов построения вычислительных узлов: на дискретной элементной базе и на базе готовых микросхем, выполненных по технологии «система на кристалле» (СнК).

Использование дискретной элементной базы (отдельные микросхемы АЦП, ПЛИС, процессора) можно достичь большой гибкости как в выборе алгоритмов обработки, так и в их распределении по вычислительным ресурсам. Такой вариант позволяет реализовывать нестандартные подходы, при этом ограничения по вычислительным ресурсам определяются лишь габаритами, энергопотреблением и стоимостью аппаратуры.

Использование готовых СнК при построении радара позволяет минимизировать число электронных компонентов и, как следствие, снизить габариты, энергопотребление и конечную стоимость радара. Однако фиксированная аппаратная архитектура СнК снижает гибкость такого варианта.

Промежуточное положение занимает вариант использования ПЛИС со встроенными процессорными ядрами. В этом случае программно-аппаратный комплекс имеет большую гибкость в части реализации специальных аппаратных ускорителей вычислений на базе программируемой логики, однако обладает меньшим объемом ресурсов программируемой логики чем вариант использования отдельных ПЛИС и процессора.

Поскольку объем вычислительных ресурсов напрямую влияет на итоговые характеристики радарной системы возникает задача определения области применимости такой архитектуры. В работе проведен анализ возможных вариантов распределения алгоритмов обработки по вычислительным ресурсам ПЛИС со встроенным процессорным ядром. Проведены исследования характеристик предложенных вариантов методом математического моделирования.

Предлагаемая архитектура вычислительного модуля и способ распределения алгоритмов обработки радиолокационных сигналов по вычислительным ресурсам предоставляет значительные преимущества по интеграции, энергоэффективности и снижению массагабаритных показателей аппаратуры, что делает её технически перспективной в контексте создания компактных и производительных радиолокационных систем.

---

1. Yan, B., Roberts, I.P. Advancements in Millimeter-Wave Radar Technologies for Automotive Systems: A Signal Processing Perspective // Electronics. — 2025. — Vol. 14, №7. — Art. 1436. — DOI: 10.3390/electronics14071436.

УДК 621.396.62

СЫРОВ Д.А., СУДОРГИН М.А., СЬЯНОВ В.А.

РАЗРАБОТКА МНОГОКАНАЛЬНОГО ЦИФРОВОГО ПРИЕМНОГО МОДУЛЯ UHF-ДИАПОЗОНА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время актуальна разработка радиолокационных систем (РЛС) с полностью активной фазированной антенной решеткой, поэтому потребовалось разработать приёмный модуль, который сможет обработать большой поток данных с большим количеством приемных каналов с последующей передачи сигналов по оптоволоконному кабелю. Для решения данной задачи, приёмный модуль должен обладать следующими свойствами:

−многоканальность. Модуль должен принимать сигнал, фильтровать, усиливать, переносить на промежуточную частоту, оцифровывать и передавать сигнал в режиме реально времени со всех локационных каналов;

−малогабаритность. Из-за большого числа каналов увеличиваются габариты высокочастотной (ВЧ) кабельной системы, поэтому приёмный модуль планируется располагать на антенне, чтобы минимизировать использование ВЧ кабельной системы.

Многоканальный приёмный модуль является частью РЛС. Разработка РЛС в UHF-диапазоне позволяет получить ряд преимуществ по сравнению с метровым и сантиметровым диапазонами волн, а именно [1]:

−при длине волны 0.7 м может обеспечиваться высокая ЭПР малогабаритных объектов соизмеримых с размерами цели;

−позволяет сформировать более узконаправленную диаграмму направленности антенны при одинаковой апертуре по сравнению с метровым диапазоном волн.

В ходе работы была разработана структурная схема приёмного модуля на базе супергетеродинного приёмника, которая включает в себя аналоговую и цифровую части. Проведен расчет и математическое моделирование работы полосового фильтра входной цепи приемного модуля 3-его порядка на сосредоточенных элементах и на МПЛ. Теоретические расчет показали, что классический фильтр U-образной топологии является достаточно габаритным (3х10 см) в UHF-диапазоне, поэтому с помощью систем автоматизированного проектирования (САПР) было достигнуто значительное уменьшение его габарита (3х3 см).

В ходе проведения натурных испытаний полосового фильтра на сосредоточенных элементах было исследовано влияние паразитных ёмкостей на его частотную характеристику.

Произведен сравнительный анализ фильтров на сосредоточенных элементах и на МПЛ, который показал, что целесообразно использовать в приёмном модуле фильтр на МПЛ из-за лучшей частотной характеристики.

Осуществлен выбор элементной базы для узлов многоканального радиоприемного модуля (усилители, смеситель, ПЛИС и др.).

---

1. Скольник, М. И. Справочник по радиолокации Том 3 [Текст] / М. И. Скольник — 1 . — Москва: "СОВЕСТКОЕ РАДИО" , 1979 — 528 с.

УДК 621.396.962.2

ТИХОМИРОВ С.М., КУЗНЕЦОВ С.Е., ПРИБЛУДОВА Е.Н.

РАСПРЕДЕЛЁННАЯ РАДАРНАЯ СИСТЕМА НА ОСНОВЕ МИЛЛИМЕТРОВОГО FMCW РАДАРА С MIMO АНТЕННОЙ РЕШЁТКОЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В современных транспортных средствах как автономных, так и оснащенных системами помощи водителю находят все более широкое применение радиолокационные системы как всепогодные и помехоустойчивые средства обнаружения объектов на дороге. Типовая архитектура радара непрерывного излучения сигналов с линейной частотной модуляцией (Frequency Modulated Continuous Wave – FMCW) диапазона 77 ГГц обеспечивает измерение дальности, скорости и угловых координат объектов [1]. Наиболее широкое распространение на сегодняшний день получили так называемые моностатические системы, предполагающие использование только одной радарной позиции.

Угловое разрешение моностатической системы жёстко ограничено физической апертурой антенной решётки. Технология Massive MIMO позволяет существенно увеличить число виртуальных каналов за счёт формирования расширенной апертуры, однако дальнейшее наращивание апертуры в рамках единого модуля сопряжено с ростом вычислительной сложности и конструктивных ограничений при интеграции в транспортное средство [2]. Тем не менее, полностью автоматическое вождение требует более высокой угловой разрешающей способности для принятия решений при движении в плотных городских условиях, характеризующихся наличием множества объектов.

Альтернативным подходом является объединение нескольких MIMO-радаров в единую когерентную сеть, позволяющее синтезировать виртуальную апертуру, значительно превышающую апертуру отдельного модуля. Совместная обработка моностатических и бистатических каналов увеличивает число виртуальных элементов решётки, что ведёт к сужению главного лепестка и кратному улучшению азимутального разрешения. Ключевым условием реализации данного подхода является фазовая когерентность между разнесёнными узлами: нестабильность опорных генераторов проявляется в виде фазового шума и частотного дрейфа, приводя к накоплению межканальных рассогласований и деградации синтезированной апертуры. Для компенсации данных эффектов применяются алгоритмы цифровой синхронизации, в частности CFDDS, реализуемые без физических межмодульных соединений или при их минимальном количестве [3].

В настоящей работе на основе полной математической модели FMCW-сигнала с учётом ошибок синхронизации выполнено имитационное моделирование распределённой когерентной MIMO-радарной сети в среде MATLAB. Проведено исследование влияния межканаль-

ных фазовых рассогласований на характеристики синтезированной апертуры и точность оценки параметров целей, а также определены требования к точности синхронизации, позволяющие обеспечить когерентную работу системы.

Библиографический список

1. Rohling H., Meinecke M. Waveform design principles for automotive radar systems // 2001 CIE International Conference on Radar Proceedings (Cat. No. 01TH8559). – 2001. – P. 1-4.
2. Li J., Stoica P. MIMO Radar with Colocated Antennas // IEEE Signal Processing Magazine. – 2007. – Vol. 24, № 5. – P. 106-114. – DOI: 10.1109/MSP.2007.904812.
3. Gottinger M. et al. Coherent Automotive Radar Networks: The Next Generation of Radar-Based Imaging and Mapping // IEEE Journal of Microwaves. – 2021. – Vol. 1, № 1. – P. 149-163. – DOI: 10.1109/JMW.2021.3058745.

УДК 621.396.673

ФИЛИППОВ М.М., БАЛДИН Е.Б., ПЛУЖНИКОВ А.Д.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ САМОЛЕТНОЙ АНТЕННЫ МВ-ДМВ ДИАПАЗОНОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Антенны являются неотъемлемой частью любой системы передачи и приема радиосигналов. Они используются в самых разных областях, начиная от бытовой электроники и заканчивая сложными системами космической связи. Частоты метрового – дециметрового (МВ-ДМВ) диапазонов длин волн охватывают значения от 30 МГц до 3 ГГц. Они широко используются в таких областях, как телевидение, радиовещание, мобильная связь, спутниковая навигация и многие другие.

Самолетные антенны МВ-ДМВ диапазонов играют важную роль в обеспечении безопасности полетов. Они используются для связи между пилотами и наземными службами управления воздушным движением, а также для навигации и предотвращения столкновений воздушных судов. Характеристики таких антенн определяют многие качественные показатели взаимосвязанных с ними радиотехнических средств, критически важные для предотвращения аварийных ситуаций [1]. Антенны МВ-ДМВ диапазонов обеспечивают надежную связь на больших расстояниях, что особенно важно для дальних перелетов и полетов над удаленными районами, когда другие виды связи могут быть недоступны. Исследование характеристик этих антенн позволит оптимизировать их конструкцию и улучшить качество передачи сигналов, что положительно влияет на общую эффективность радиосвязи. В военной авиации антенны метрового диапазона используются для передачи тактической информации, управления беспилотными летательными аппаратами (ЛА) и обеспечения связи между различными подразделениями. При этом улучшение характеристик антенн имеет стратегическое значение для повышения боеспособности вооруженных сил.

Для радиосвязи в МВ-ДМВ диапазонах на летательных аппаратах применяют антенны вертикальной поляризации, имеющие всенаправленное излучение в горизонтальной плоскости [2].

В МВ-ДМВ диапазонах радиосвязь осуществляется практически в пределах прямой видимости. Причем для антенн, установленных на ЛА, дальность связи на больших расстояниях определяется величиной коэффициента усиления (КУ) антенны в горизонтальной плоскости.

В докладе рассматриваются возможные подходы к проектированию антенн МВ-ДМВ диапазонов, приводятся результаты проектирования антенны при выполнении конкретных

технических требований, а также результаты исследования антенн методом математического моделирования средствами Keysight Technologies EMPro 2015.01.

Библиографический список

1. Белоусов Е.Л., Ремешков Ю.И. Развитие отечественной техники авиационной радиосвязи /Динамика радиоэлектроники-2. — М.: Техносфера, 2008.
2. Марков Г.Т. и Сазонов Д.М. Антенны. Учебник для студентов радиотехнических специальностей вузов. Изд. 2-е, перераб. И доп.М., «Энергия», 1975

Подсекция 1.2

Конструирование и технология радиоэлектронной аппаратуры

УДК 621.398

БУКИН А.В.

СИСТЕМА ТЕЛЕУПРАВЛЕНИЯ НА БАЗЕ ШИРОКОПОЛОСНЫХ ПРИЕМНИКОВ

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева»

Разрабатываемая система телеуправления представляет собой устройство звукового управления питанием (УЗУП), которое распознает специально сформированный звуковой сигнал с любого устройства способного воспроизводить звук.

Устройство звукового управления питанием реализует следующие функции:

- распознавание и обработка частотно-модулированных управляющих сигналов с любого носимого устройства, например, телефона;
- управление электрическим прибором, подключенным к устройству, с возможностью подачи или перекрытия напряжения питания к нему, при получении соответствующей звуковой команды управления на устройство.

Так как уже существуют приёмники, выполняющая подобные функции, необходимо выделить преимущества разрабатываемой системы:

- устройство будет работать как самостоятельное (автономное), для обработки команд не понадобятся сторонние сервера;
- нет необходимости приобретать дорогостоящее оборудование и настаивать систему «Умного дома» для звукового управления;
- нет необходимости в Интернет подключении или поддержке любого другого беспроводного протокола;
- возможно управление с любого телефона или другого звуковоспроизводящего устройства без сторонних приложений и платных подписок;
- отсутствует возможность утечки информации или любой активности пользователя данной системы, так как информация устройством передаваться никуда не будет;
- возможность подключить все имеющиеся приборы без необходимости доработок проводки и помещения.

Для устранения выявленных недостатков в разрабатываемом устройстве телеуправления на основе широкополосных приёмников был реализован ряд изменений, отраженных на схемах структурной и электрической функциональной.

Предложенное устройство позволяет осуществлять включение и отключение электрической нагрузки с помощью специально сформированного частотно-модулированного звукового сигнала, воспроизводимого с любого устройства, способного генерировать звук.Обмен информацией управляющего устройства с УЗУП будет осуществлен дистанционным способом.

Разработанная система обладает рядом существенных преимуществ: полной автономностью работы, отсутствием необходимости в интернет-подключении и облачных сервисах, высокой приватностью данных, простотой использования и возможностью управления без установки дополнительных приложений. Устройство может быть легко интегрировано в существующие бытовые и производственные объекты без модификации электропроводки.

Библиографический список

1. Журавлева Л.В. Основы радиоэлектроники/ Л.В. Журавлева. - М.: Академия, 2014. - 608 с.
2. Нефедов В.И. Основы радиоэлектроники и связи / В.И. Нефедов. - М.: Высшая школа, 2009. - 735 с.

УДК 004.9

ВАРГАНОВА Э.Р., ФРОЛОВА Д.А.

ВЕБ-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ ПО ПРОГРАММИРОВАНИЮ НА ЯЗЫКЕ JULIA: РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,
Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

В условиях развития образования увеличивается необходимость создания надежных электронных образовательных ресурсов (ЭОР), которые будут соответствовать современным технологиям и моделям обучения [1]. Знание языков программирования и владение инструментами численных методов выполняет основную роль в развитии профессиональных навыков для будущих специалистов, однако существующие учебно-методические материалы слабо ориентированы на технические дисциплины Арзамасского политехнического института (АПИ).

Целью данной работы является разработка серии интерактивных веб-пособий для изучения языка программирования Julia, адаптированных под содержание дисциплин АПИ. Создаваемые ЭОР опираются на конкретные темы и практические задачи, используемые в обучении студентов технических специальностей.

Реализация интерфейса ЭОР выполнена на основе стандартного стека веб-технологий (HTML, CSS, JavaScript), что обеспечивает кроссплатформенность и работу в браузере без установки дополнительного программного обеспечения. Весь контент (теоретические блоки, примеры, тестовые вопросы с вариантами ответов и формулировки практических задач по вариантам) хранятся в едином JSON-файле. Отсутствие серверной части упрощает процесс масштабирования и обновления контента. Пользовательский интерфейс включает адаптивную верстку для корректного отображения на устройствах с различной шириной экрана, поддержку светлой и темной цветовых тем, отображение математических формул с помощью MathJax и подсветку синтаксиса кода с применением библиотеки SyntaxHighlighter.js.

Создано два пособия: «Основы моделирования в Julia» (https://daralova.github.io/julia/) и «Численные методы решения математических задач на языке программирования Julia» (https://varganovaelya.github.io/julia_chm/). Исходный код размещен в открытых репозиторияхGitHub с лицензией MIT, а с помощью GitHubPages ресурсы развернуты в Интернете. Разработанные ЭОР соответствуют рабочим программам дисциплин Арзамасского политехнического института – наполнение, структура и практикумы ориентированы на локальные учебные планы. Пособия могут быть полезны преподавателям физико-математических и технических дисциплин. В перспективе планируется проведение апробаций разработанных ЭОР в рамках учебных занятий.

---

1. Ваганова, О.И. Электронные образовательные ресурсы как средство повышения качества образования / О.И. Ваганова, И.Р. Воронина, А.А. Коростелев, О.Г. Шагалова // Балтийский гуманитарный журнал. – 2020. – Т. 9, № 2(31). – С. 203-207.

УДК 269.7, 537

ГУСЕВ М.Н.

УСКОРЕНИЕ АЛГОРИТМА МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ЧАСТНОЙ ЗАДАЧЕ НАВИГАЦИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,
Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Навигация летательного аппарата (ЛА) происходит вычислителем, расположенным непосредственно внутри объекта навигации. Это является ограничивающем фактором для решения задачи навигации, поскольку ЛА может не подразумевать наличие мощного микроконтроллера. Поэтому использование быстрых алгоритмов навигации является актуальной задачей.

В нашем случае, используется алгоритм комплексной обработке информации от датчиков первичной информации (ДПИ) и от спутниковой навигационной системы (СНС). В качестве обработчика используется метод машинного обучения ELM. Данный выбор обусловлен его простотой и скоростью обучения. В качестве входной информации используется информация от ДПИ, а выходной – ошибка отклонения ДПИ. Функционирование происходит в двух режимах:

1) при наличии информации от СНС – обучение последнего слоя НС, считая информацию от СНС эталоном;
2) при отсутствии от СНС – ELM предсказывает ошибки ДПИ.

Самым трудоёмким этапом в алгоритме является этап обучения.

Целью работы является разработка способа ускорения обучения НС на основе ELM, решающий навигационную задачу.

Процесс обучения сводится к вычислению новой матрицы весов выходного слоя (W_{out}). Для этого берётся произведение псевдообратной матрицы входных данных (H) и матрицы эталонной информации (ΔX):

$$W_{out} = H^{\dagger} \cdot \Delta X .$$

Операция вычисления псевдообратной матрицы является численно неустойчивой и трудоёмкой. Для сокращения времени вычисления, приведём её к стандартной задаче наименьших квадратов через QR-факторизацию [1]. Вычислим матрицы Q и R из матрицы H. Верхнетреугольную матрицу R можно разложить на три составляющих: Xt, St, Yt. Новая матрица весов выходного слоя будет вычисляться следующим образом:

$$\begin{bmatrix} Q & R \end{bmatrix} = qr(H); \quad R = \begin{bmatrix} Xt & St \\ 0 & Yt \end{bmatrix}; \quad W_{out} = (Xt)^{-1} \cdot St .$$

Проведённый анализ точности показал, что спектральная норма разницы матриц вычисленных обоими способами не превышает 10^{-11}. Данной точности достаточно для адекватного функционирования алгоритма комплексной обработки информации от ДПИ и СНС, а скорости расчетов хватает для выполнения на слабом микроконтроллере, установленном на ЛА.

---

1. Мэрфи К. П. Вероятностное машинное обучение: введение / пер. с англ. А. А. Слинки-на. – М.: ДМК Пресс, 2022. – 940 с.:ил.

УДК621.37

ЖИВЕЧКОВА А.Т.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАНАЛА АВТОМОБИЛЬНОЙ АУДИОСИСТЕМЫ

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им Р.Е. Алексеева

Современные аудиосистемы, устанавливаемые в бюджетные модели автомобилей с завода, зачастую оставляют желать лучшего. В штатной акустической системе нередко прослеживается недостаточная чёткость звучания речи и вокала, а также присутствует дисбаланс уровней громкости на разных каналах.Повысить качество и сбалансировать уровень звучания аудио в автомобиле может помочь внедрение в систему центрального канала [1].

Центральный канал автомобильной аудиосистемы возможно реализовать с помощью отдельного динамика и преобразующего усилителя. Динамик устанавливается на передней консоли автомобиля либо вместо штатного оповещателя системы безопасности, который обычно расположен на крыше салона в районе зеркала заднего вида. Усилитель подключается к головному устройству автомобиля и устанавливается по усмотрению пользователя. Наиболее частая установка таких устройств осуществляется под передним сиденьем, в багажнике или в бардачке автомобиля.

Разрабатываемый центральный канал предусматривает наличие двух аудиовходов и один аудиовыход для воспроизведения музыки. Первый вход (линейный вход) принимает линейный аналоговый стереосигнал от головного устройства автомобиля. Так как стереосигнал содержит левый и правый каналы, первоначально выполняется их суммирование для формирования одной центральной аудиодорожки. После суммирования сигнал усиливается и поступает на центральный динамик.

Второй вход (вход УЗЧ) предназначен для приема сигнала от усилителя звуковой частоты. Данный вход необходим для повышения универсальности устройства,поскольку не все штатные аудиосистемы оснащены несколькими линейными выходами. Сигнал, поступаемый на вход УЗЧ, проходит через узел гальваническойразвязки, после чего осуществляется его ослабление, фильтрация и усиление.

Питание устройства осуществляется от бортовой сети 12 В.Встроенный узел гальванической развязки питания защищает схему от наводок и бросков напряжения. Включение происходит по сигналу запуска головного устройства с задержкой порядка 1 с.Задержка необходима для исключения влияния переходных процессов источника звука и предотвращает появление щелчков и помех в звуковом тракте.

Разрабатываемое устройство обладает низким групповым временем задержки аудиосигнала, что важно для согласования стереообраза.

По результатам разработки структурной и электрической схем центрального аудиоканала можно сказать, что устройство обеспечивает высокое качество воспроизведения аудиосигнала в условиях автомобиля. Схема содержит узлы, повышающие устойчивость к внешним помехам по цепи питания 12 В, а также все необходимые настройки под различные сценарии использования.

На следующем этапе планируется разработать конструкцию блока центрального канала и провести схемотехническое моделирование для получения предварительных частотных характеристик устройства.

---

1. Родин А. В., Тюнин Н. А. Автомобильные и стационарные аудиосистемы: практическое пособие / А. В. Родин, Н. А. Тюнин. – Москва: Издательство «СОЛОН-Пресс», 2020. – 112 с

УДК 621.3.07

ЗАВГОРОДНИЙ П.Р.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им Р.Е. Алексеева

Измерение давления является одной из важнейших задач во всех областях науки и техники. На сегодняшний день востребованными являются устройства с высокими показателями надежности и точности измерений, а также расширенной универсальностью [1].

В рамках настоящей работы была поставлена задача разработать устройство измерения давления со следующими характеристиками:

- диапазон измерения давления от -100 до +100 кПа;
- точность измерения ±3%;
- время обновления данных 100 мс;
- интерфейс обмена данными RS-485;
- коммутируемое на нагрузке напряжение 220 В, ток 5 А;
- напряжение питания 24 В.

Учитывая данные требования, устройство измерения давления было разработано на базе микроконтроллера ATmega8-16AU и аналого-цифрового преобразователя (АЦП) AD7192BRUZ.

Аналоговый сигнал с датчика в виде напряжения постоянного тока поступает на АЦП, далее оцифрованный сигнал по интерфейсу SPI поступает на микроконтроллер.

Микроконтроллер выполняет обработку полученных данных, вычисляет среднее значение за интервал времени и подготавливает данные для передачи. В зависимости от загруженного ПО микроконтроллер также может сравнивать полученное значение давления с пороговым уровнем, по достижению которого формируется команда на срабатывание силового реле для управления мощной нагрузкой.

Разработанный печатный узел (ПУ) устройства измерения давления имеет круглую форму с диаметром 73 мм, обладает высокой плотностью компоновки, элементы расположены с двух сторон печатной платы. Общая высота ПУ не более 22 мм, масса 85 г.

Допустимые условия эксплуатации устройства ограничены применяемой элементной базой, материалами и расчетными значениями конструкции. В данном случае диапазон рабочих температур составляет от минус 40°С до 55°С, допустимая влажность воздуха не более 80%, диапазон вибраций от 1 до 500 Гц по каждой оси, ударопрочность 50 g.

Показатели конструкции позволяют сделать вывод, что ПУ допустимо применять как в стационарных условиях, так и в условиях жесткой эксплуатации при наличии соответствующей пылевлагозащиты.

Разработанное устройство способно работать пока только с аналоговыми датчиками давления, на следующем этап имеет смысл проанализировать варианты повышения универсальности устройства за счет добавления поддержки других типов датчиков, в том числе с цифровым выходом, а также за счет расширения возможных интерфейсов для обмена данными с головным устройством. Данные меры в совокупности с характеристиками конструкции позволят расширить область применения и повысить уровень конкурентоспособности устройства измерения давления.

Библиографический список

1. Раннев, Г. Г. Методы и средства измерений : учебник / Г. Г. Раннев, А. П. Тарасенко. – 6-е изд., стер. – Москва : Издательский центр «Академия», 2010. – 330 с..
2. Фрайден, Дж. Современные датчики / Дж. Фрайден. – Москва :Техносфера, 2006.

УДК 621

ЗУБРИЛИН А.С.

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНТРОЛЛЕРА УЧЁТА РАСХОДА ВОДЫ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,
Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

В статье представлен усовершенствованный счетчик для учета воды, который отличается от известных аналогов повышенной точностью измерения (погрешность снижена до 0,1-0,2%), сверхнизким энергопотреблением (3-4 мкА) и расширенными функциональными возможностями, включая учет времени работы прибора и передачу данных во внешние системы. Указанные результаты достигнуты за счет введения ряда новых конструктивных и схемотехнических решений: двух магнитов на крыльчатке, импульсного режима питания датчика Холла, блока оптимизации коэффициентов пересчета, таймера и блока связи с компьютером.

Модернизация счетчик воды предназначен для повышения точности измерения объемного расхода и количества потребляемой воды, снижения энергопотребления и расширения функциональных возможностей прибора.

Счетчик содержит корпус датчика с входным и выходным патрубками, внутри которого на оси установлена крыльчатка. В верхней части крыльчатки диаметрально относительно оси закреплены первый и второй магниты. На наружной части корпуса над траекторией прохождения магнитов смонтирован датчик Холла. Электронная часть включает блок управления и вычисления на базе микроконтроллера (МК), жидкокристаллический индикатор (ЖКИ), источник питания, блок формирования импульсного питания для датчика Холла, блок оптимизации коэффициентов пересчета, таймер и блок связи с компьютером.

Ключевым отличием является наличие блока оптимизации коэффициентов пересчета, в котором хранится набор коэффициентов, соответствующих линейным участкам реальной нелинейной зависимости расхода воды от частоты вращения крыльчатки. Эти коэффициенты загружаются индивидуально для каждого прибора при его калибровке на стенде («проливке»).

Принцип работы: воды вращает крыльчатку. Встроенные магниты при каждом полуобороте проходят под датчиком Холла, который генерирует импульс, поступающий в МК. МК измеряет временной интервал между соседними импульсами, определяет текущий расход и выбирает из блока оптимизации соответствующий коэффициент пересчета (для данного линейного участка характеристики). Затем МК добавляет к накопленному суммарному объему воды порцию, соответствующую одному полуобороту крыльчатки, с учетом выбранного коэффициента. Накопленные данные о количестве воды и времени работы (фиксируемом таймером) выводятся на ЖКИ (например, каждые 5 секунд) и передаются на компьютер по запросу или в заданные интервалы (например, раз в сутки) через блок связи.

Разработанная конструкция счетчика воды решает актуальную задачу создания недорогого, точного и экономичного прибора учета, пригодного для интеграции в автоматизированные системы сбора данных. Предложенные технические решения (импульсное питание датчика Холла, адаптивная коррекция коэффициентов пересчета, использование двух магнитов на крыльчатке и одного датчика Холла, таймер и блок связи) могут быть применены при модернизации широкого спектра расходомеров различного назначения.

1.Баканов, Г.Ф. Основы конструирования и технологии радиоэлектронных средств: Учебное пособие для студ. вузов/ Г.Ф. Баканов, С.С. Соколов, В.Ю. Суходольский; Под ред. И.Г.Мироненко.- Рекомендовано УМО по образованию в области радиотехники, электроники, биомедиц. техники и автоматизации – М.: Академия, 2007.- 368 с.

УДК 004.77

КОЖЕВЯТКИНА М.А., АВДЕЕВА А.А.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ АРХИТЕКТУРА И ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МОДУЛЬНОЙ ВИРТУАЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им Р.Е. Алексеева

Современные игровые движки и инструменты 3D-визуализации открывают новые возможности для создания кроссплатформенных культурных сервисов. В данной работе представлена техническая архитектура инклюзивной виртуальной экскурсионной платформы, разработанной с учетом требований к адаптивности, производительности и масштабируемости. Ядром системы выступает игровой движок Unity, выбранный благодаря гибкой системе скриптов на языке C#, развитой экосистеме UI-инструментов и нативной поддержке VR/ПК/мобильных платформ. Архитектура приложения построена по модульному принципу: базовый код инкапсулирует логику навигации и взаимодействия, а каждый выставочный зал реализуется как независимый ассет. Это позволяет добавлять новые экспозиции без рефакторинга основной кодовой базы [1].

Визуальный контент проходит предварительную оптимизацию в Blender. Основной этап ретопологии и запекания текстур направлен на сохранение детализации при снижении полигональной нагрузки, что критично для плавного рендеринга на мобильных устройствах и автономных VR-шлемах.

Платформа разделена на три программные зоны, каждая из которых активирует специфический набор компонентов:

- зона массового пользователя: стандартный конвейер рендеринга, расширенные эффекты освещения и полная интерактивность;
- зона для пользователей с моторными и когнитивными особенностями: кастомизированный контроллер камеры с ограничением угловой скорости, отключение резких перепадов высоты и мерцающих материалов. UI-элементы рендерятся со скругленными углами и сниженным уровнем контрастности;
- зона для пользователей с нарушениями зрения и слуха: активация компонента AudioSource при срабатывании коллайдеров-триггеров, интеграция UI-панелей для воспроизведения видеопотоков на жестовом языке, система динамического масштабирования шрифтов и высококонтрастных шейдеров.

Особое внимание уделено реализации аудио- и видеосопровождения. Для незрячих пользователей аудиодорожки генерируются не как стандартные исторические справки, а как пространственно-тактильные описания: фиксируются форма, фактура, относительное расположение объектов в сцене. Видеомаркеры с сурдопереводом встроены в UI-слой и не прерывают основной сценарий экскурсии [2].

Технологический стек обеспечивает стабильную работу на разнородном оборудовании, а модульная структура гарантирует быстрое развертывание новых экспозиций. Платформа готова к пилотной интеграции и техническому сопровождению в реальных музейных и образовательных средах.

Библиографический список

1. Unity Technologies. Unity User Manual 2023.3 LTS. [Интернет источник]: https://docs.unity3d.com/Manual/

2. Кожевяткина М.А. Разработка инклюзивной виртуальной платформы / Зотов С.М., Раскаткин Я.А. // Научные перспективы-2025: материалы Региональной молодежной научно-технической конференции - Н.Новгород, 2025. С 142-144.

УДК 004.946

КОЖЕВЯТКИНА М.А.

РАЗРАБОТКА ИНКЛЮЗИВНОЙ ВИРТУАЛЬНОЙ ЭКСКУРСИОННОЙ ПЛАТФОРМЫ С АДАПТИВНЫМИ ФУНКЦИЯМИ

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им Р.Е. Алексеева

Обеспечение равного доступа к культурным ценностям закреплено Федеральных законах, однако на практике места культуры и искусства остаются труднодоступными для более чем 11 миллионов россиян с инвалидностью. Существующие цифровые аналоги (GoogleArts&Culture, «Виртуальный Русский музей») демонстрируют высокую визуализацию, но не учитывают специфические потребности пользователей с ОВЗ: отсутствуют сценарии навигации для когнитивных особенностей, контент не дублируется на жестовом языке, интерфейсы не соответствуют стандартам доступности. Для преодоления этих барьеров разработана модульная инклюзивная виртуальная платформа, объединяющая культурное наследие и адаптивные цифровые решения.

Архитектура программного комплекса разделена на три специализированные зоны. Первая предназначена для массового пользователя и сохраняет полную детализацию окружения, расширенные эффекты освещения и стандартную интерактивность. Вторая зона адаптирована для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата и ментальными особенностями: интерфейс использует скруглённые элементы, спокойную цветовую гамму, исключены мерцания и агрессивные контрасты, предотвращающие дискомфорт и риски при эпилепсии. Навигация реализована плавно, без резких перепадов высоты, что снижает когнитивную нагрузку и упрощает управление. Третья зона ориентирована на пользователей с нарушениями зрения и слуха. Для слабовидящих предусмотрены высококонтрастный режим и динамическое масштабирование шрифтов. Для незрячих аудиогиды генерируют не только исторические справки, но и пространственно-тактильные описания формы, фактуры и расположения объектов. Глухие и слабослышащие пользователи получают доступ к субтитрам и интерактивным видеомаркерам с сурдопереводом, размещённым в UI-слое без прерывания основного сценария экскурсии.

Техническая реализация выполнена на базе игрового движка Unity с использованием языка C#, что обеспечивает гибкость скриптов и кроссплатформенность (ПК, мобильные устройства, автономные VR-шлемы). Модульная структура позволяет добавлять новые экспозиции без рефакторинга ядра системы. Визуальные ассеты оптимизируются в Blender: ретопология и запекание текстур сохраняют детализацию при снижении полигональной нагрузки. Аудиосопровождение активируется через компонент AudioSource при срабатывании коллайдеров-триггеров, а видеопотоки интегрируются через UI-панели Unity, поддерживающие воспроизведение медиа в реальном времени.

Инклюзивная виртуальная экскурсионная платформа представляет собой технологически устойчивое решение, обеспечивающее социальную интеграцию, выполнение требований законодательства о доступной среде и цифровое сохранение культурного наследия. Благодаря адаптивной архитектуре и многоканальной подаче информации продукт готов к масштабированию в образовательных, музейных и реабилитационных средах России [2].

Библиографический список

1. Федеральная служба государственной статистики [Интернет источник]: https://www.fedstat.ru/indicator/62496

2. Кожевяткина М.А. Разработка инклюзивной виртуальной платформы / Зотов С.М., Раскаткин Я.А. // Научные перспективы-2025: материалы Региональной молодежной научно-технической конференции - Н.Новгород, 2025. С 142-144.

УДК 681.5.01

КОЛПАЩИКОВА К.А.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ С ИТЕРАТИВНЫМ ОБУЧЕНИЕМ ПОРТАЛЬНЫМ РОБОТОМ

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Управление с итеративным обучением (УИО) появилось как инструмент повышения точности повторяющихся операций, выполняемых роботом. Точность и скорость сходимости ошибки обучения являются критически важными показателями эффективности управления с итеративным обучением.

В работах [1, 2] предлагаются алгоритмы управления с итеративным обучением, основанные на классических методах оптимизации, позволяющие ускорить сходимость ошибки обучения. В работе [1] используется градиентный метод, в работе [2] — метод тяжелого шарика, учитывающий инерционность процесса оптимизации.

В данной работе проведен сравнительный анализ ускоренных алгоритмов УИО на примере модели портального робота. Рассмотрены три метода: стандартный (без ускорения), градиентный и метод тяжелого шарика. Моделирование выполнено в двух режимах: без шумов (идеальные условия) и с шумами (с использованием фильтра Калмана).

Стандартный метод использует информацию только с одной предыдущей попытки. Градиентный метод учитывает больше данных и потому быстрее находит нужное управление. Метод тяжелого шарика идёт ещё дальше – он использует информацию с двух предыдущих попыток и добавляет «инерцию», что позволяет ему двигаться к цели более плавно и быстро.

Для каждого метода сначала рассчитывались параметры закона управления с помощью линейных матричных неравенств. Затем выполнялось 100 итераций обучения. В режиме с шумами использовался фильтр Калмана для очистки измерений от помех.

Результаты моделирования показали, что в режиме без шумов градиентный метод и метод тяжелого шарика достигают уровня ошибки менее 10^{-15}, тогда как стандартный метод останавливается на существенно более высоком уровне ошибки. В режиме с шумами метод тяжелого шарика обеспечивает наилучшую финальную точность, превосходя градиентный метод, и значительно превосходит стандартный метод. По улучшению ошибки относительно первой итерации метод тяжелого шарика демонстрирует наилучшие показатели.

На практике роботы часто выполняют одну и ту же операцию много раз (например, взятие детали и её установка). Чем быстрее ошибка обучения уменьшается, тем меньше времени тратится на настройку. Ускоренные алгоритмы позволяют добиться высокой точности всего за несколько попыток, что особенно важно для промышленных роботов и медицинской техники.

Таким образом, метод тяжелого шарика обеспечивает наивысшую скорость сходимости ошибки обучения как в идеальных условиях, так и при наличии шумов, однако требует использования информации с двух предыдущих попыток и большего объёма памяти.

Библиографический список

1. Пакшин П.В., Емельянова Ю.П., Емельянов М.А. Ускоренные алгоритмы управления с итеративным обучением дискретными системами в условиях случайных возмущений // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2025. Т. 65. № 12. С. 2009–2023.
2. Поляк Б.Т. Введение в оптимизацию. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1983. - 384 с.

УДК 631.301

КОРНИШИН А.С.

ВЛИЯНИЕ ВЫБОРА МАССИВА ОТСЧЕТОВ НА ПАРАМЕТРЫ КИХ-ФИЛЬТРА

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им Р.Е. Алексеева

В настоящее время методы цифровой обработки сигналов (ЦОС) находят широкое применение. Выбор проектирования фильтров с конечной импульсной характеристикой (КИХ-фильтров) связан с их особенностями: КИХ фильтры могут иметь ЛФЧХ; КИХ фильтры реализованы нерекурсивно; для реализации фильтров используется ограниченное число разрядов.

Большая часть работы при проектировании КИХ-фильтров связана с формированием отчетов АЧХ.

В работе обсуждаются особенности проектирования КИХ–фильтров на первых двух этапах с АЧХ, содержащей «скачок» в полосе пропускания. Работа КИХ-фильтров с заданной АЧХ осуществляется путем построения структурной схемы фильтра и расчета АЧХ по методу частотной выборки. Согласно теореме Котельникова, частота дискретизации $\omega_д$должна быть не менее $2\omega_в$, поэтому мы выбираем $\omega_д=2\omega_в$.

Поскольку K(0)=0, K($0{,}5\omega_д$)≠0, строим рисунок, синтезируем асимметричный фильтр с числом отводов выводов N. Пользуясь рисунком, строим требуемую АЧХ фильтра (рис.1, *а*), продолжив её на диапазон $[0{,}5\omega_д;\omega_д]$четным образом (рис. 1,*б*).

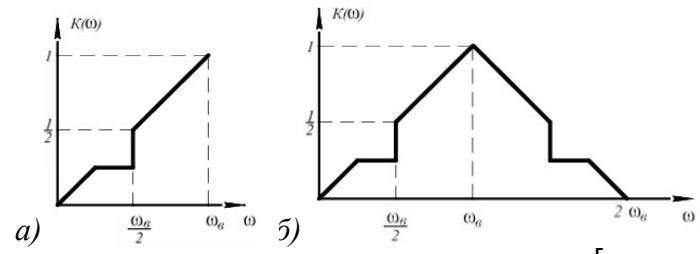


Рис.1. Требуемая АЧХ (а) и ее продолжение до $[0{,}5\omega_д;\omega_д]$

После дискретизации АЧХ и ФЧХ определили массивы отсчетов АЧХ и фазы.

Отсчеты по амплитуде взяты симметрично относительно Ω = 0,5, если смотреть по рисунку 1,б, что соответствует взятию верхней координаты отсчета по уровню в точках Ω = 0,25 и Ω = 0,75 соответственно:

$$K(k\Omega_1) = \{0, \tfrac{1}{4}, \tfrac{1}{2}, \tfrac{3}{4}, 1, \tfrac{3}{4}, \tfrac{1}{2}, \tfrac{1}{4}\} \quad (1)$$

Тогда комплексные частотные отсчеты примут вид:

$$K(k\Omega_1) = \{0, \tfrac{1}{4}e^{-j\frac{3\pi}{8}}, \tfrac{1}{4}e^{-j\frac{5\pi}{4}}, \tfrac{3}{4}e^{-j\frac{17}{8}}, \tfrac{3}{4}e^{-j\frac{31}{8}}, \tfrac{1}{2}e^{-j\frac{19\pi}{4}}, \tfrac{1}{4}e^{-j\frac{45\pi}{8}}\}. \quad (2)$$

Сравнение требуемой и рассчитанной АЧХ приведено на рис. 2, откуда видно, что АЧХ стала симметричной относительно $\Omega = 1/2$, а главное – близка к требуемой.

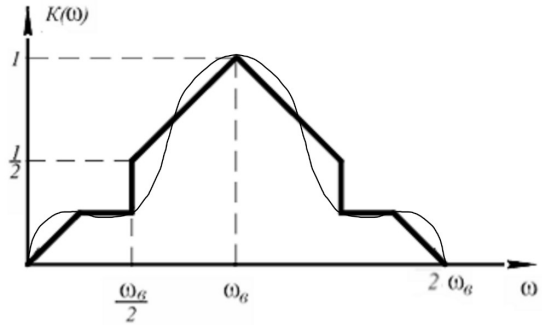


Рис. 2. Требуемая (сплошная) и рассчитанная (тонкая) АЧХ

УДК 004.413.4

КОРОВАЙКИН Н.О.

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева»

Современные команды разработки и проектные офисы все чаще сталкиваются с необходимостью одновременного использования нескольких инструментов: Канбан-досок для оперативного управления задачами, диаграммы Ганта для стратегического планирования и тайм-трекеров для учета трудозатрат. Однако существующие на рынке решения либо предлагают эти функции в разрозненных модулях с дополнительной платой, либо перегружены избыточным функционалом, либо не обеспечивают бесшовной синхронизации данных между представлениями.

Результаты анализа популярных систем управления проектами следующие:

– Trello – интуитивная Канбан-доска, но диаграмма Ганта доступна только через сторонние Power-Ups с ограниченным функционалом, а встроенный тайм-трекинг отсутствует;

– Jira – мощный инструмент для Agile-команд, однако визуализация зависимостей на диаграмме Ганта требует дорогостоящей подписки уровня Premium, а настройка тайм-трекинга через дополнительные плагины увеличивает общую стоимость владения;

– Kaiten – российское решение с удобной Канбан-доской, но модуль учета времени имеет ограниченную отчетность и не интегрирован напрямую с планированием по вехам;

– YandexTracker – мощная система, построенная на движке Яндекса, однако ее интерфейс избыточен для малых проектных групп, а кастомизация диаграммы Ганта требует нетривиальных навыков администрирования.

Таким образом, ни одно из рассмотренных решений не обеспечивает сбалансированного сочетания трех ключевых модулей в единой среде с низким порогом входа и доступной ценой для малых и средних коллективов.

Целью работы является проектирование и реализация веб-ориентированной системы управления проектами, в которой: Канбан-доска служит основным интерфейсом управления потоком задач; диаграмма Ганта автоматически строится на основе связей и сроков задач, заданных на доске; встроенный тайм-трекинг позволяет фиксировать трудозатраты по каждой задаче и агрегировать их в разрезе спринта или проекта.

Архитектура системы будет построена на принципах клиент-серверного взаимодействия с разделением на слой представления, слой бизнес-логики и слой хранения данных. Обновление состояния между Канбан-доской и диаграммой Ганта планируется реализовать через событийно-ориентированный подход с использованием асинхронного обмена сообщениями, что обеспечит мгновенное отображение изменений без перезагрузки страницы. Для визуализации временных графиков будут применяться открытые библиотеки построения интерактивных диаграмм, не требующие приобретения коммерческих лицензий.

Ожидаемый результат – создание прототипа системы, который позволит малым командам вести проект от планирования до отчетности без переключения между разными инструментами. Практическая значимость работы заключается в снижении порога входа в дисциплину проектного управления и сокращении временных затрат на административную рутину.

Библиографический список

1. Керимбаев Р.Р. Управление проектами в ИТ: инструменты и практики/ Р.Р. Керимбаев. – М.: ДМК Пресс, 2022. – 312 с.
2. Сазерленд Д. Scrum. Революционный метод управления проектами/ Д. Сазерленд. – М.: МИФ, 2021. – 272 с.

УДК621.38

КОСТИН М.Е.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФРАКРАСНОГО ТЕПЛОВИЗОРА

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им Р.Е. Алексеева

При изготовлении и эксплуатации радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) одним из наиболее значимых вопросов является анализ и устранение возникающих неисправностей. Несмотря на постоянные совершенствования производственных процессов РЭА и целенаправленное снижение уровня брака, отказы изделия все равно возникают [1].

Анализ отказавшего изделия (печатного узла) средней и высокой сложности интеграции может занимать до 80% времени всего времени ремонта, следовательно, сам процесс анализа также требует оптимизации.

Для ускорения диагностики отказавших изделий применяются тепловизионные методы исследования режимов работы РЭА с помощью инфракрасных тепловизоров. Данные устройства позволяют осуществлять диагностику работы электронных компонентов, выявлять локальные перегревы в печатных узлах. Это позволяет предварительно выделить функциональный узел, в котором присутствует неисправность [2]. Однако основная масса данных устройств имеет высокую стоимость из-за широкого функционала и высокой точности измерений.

Настоящая работа посвящена проектированию недорогого портативного инфракрасного тепловизора, предназначенного для применения в рамках анализа неисправностей РЭА. Основные технические требования к проектированию: измеряемый температурный диапазон от минус 10 до плюс 80 °С; точность измерения ±3 °С; частота смены кадров не менее 5 кадр./с;угол зрения по вертикали и горизонтали 40°;фокусное расстояние 15 см; время работы от аккумулятора не менее 1,5 ч.

В данном варианте исполнения тепловизора предлагается использовать датчик температуры AMG883. Он обладает разрешением 8×8 термических чувствительных элементов, фокусное расстояние датчика составляет 0,15 м с полем зрения 40°. Данных параметров вполне достаточно для определения наиболее разогретых зон печатного узла.

Для вывода данных в виде распределения температурных полей с цветовой градацией шкалы температур предлагается использовать недорогой цветной LCD-дисплей с разрешением 240×320 и диагональю 2,4 дюйма.

Учитывая объем данных с матричного датчика температуры, требования к минимальной частоте кадров и разрешение дисплея, в качестве обрабатывающего и передающего устройства допустимо использовать бюджетный вариант микроконтроллера. Подходящим вариантов является 32-разрядный микроконтроллерSTM32F303CB. Вычислительных возможностей микроконтроллера вполне достаточно для обработки данных с датчика и выдачи информации на дисплей. В дополнение микроконтроллер содержит встроенный интерфейс USB, что позволяет без использования дополнительных преобразователей осуществлять обмен данными с персональным компьютером при наличии соответствующего программного обеспечения.

Библиографический список

1. Юрков Н.К. Преимущества тепловизионного контроля и перспективы его использования в производственном процессе ФГУП ФНПЦ «ПО «Старт» им. Проценко. / Юрков Н.К., Исаев С.С. / Новые промышленные технологии. 2011. №6 стр. 8-10.
2. Вавилов В.П. Инфракрасная термография и тепловой контроль. – М.: ИД Спектр, 2009. – 544 с.

УДК 004.94

КОЧЕШКОВ И.Ю.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПРЕДИКТИВНОГО МОНИТОРИНГА ОБОРУДОВАНИЯ

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е.Алексеева

Система мониторинга состояния инженерных объектов – это программно-аппаратный комплекс для контроля и анализа данных об оборудовании. Надёжность производства зависит от исправности складской техники, технологических линий и обслуживающей инфраструктуры.

Нижегородская область с развитым машиностроением, нефтехимическими производствами и объектами энергетики не исключение. На предприятиях эксплуатируются тысячи единиц оборудования, и внезапный отказ ведёт к остановке циклов, материальному ущербу и угрозе для персонала. При этом значительная часть отказов происходит не мгновенно, а развивается постепенно, оставаясь незамеченной вплоть до критического момента.

На данный момент применяется всего три типа систем наблюдения:

– классические SCADA-системы, отображающие данные в реальном времени;

– коммерческие IoT-платформы («Цифра.Техмониторинг» и другие отечественные аналоги);

– системы СМИС по ГОСТ Р 22.1.12-2005.

Общий их минус – пороговый принцип: сигнал формируется, когда параметр уже вышел за пределы допустимого диапазона, то есть по факту аварии. Оператор перегружен данными и не видит скрытой деградации узлов на ранней стадии. Существующие системы фиксируют последствия, но не предупреждают о причинах.

Цель работы – создание модуля, выявляющего скрытые аномалии до срабатывания аварийных порогов. Решение основано на алгоритме Isolation Forest, анализирующем временные ряды с датчиков. Он находит отклонения в характере сигнала, даже когда значения формально в норме, и указывает на проблемный параметр. Модуль встраивается в существующую инфраструктуру и не требует замены датчиков. При обнаружении аномалии выдаётся предупреждение, позволяющее спланировать ремонт без остановки производства.

Такой подход переводит обслуживание с реактивного на проактивное, сокращая внеплановые простои и повышая общую надёжность оборудования.

Таким образом, использование разрабатываемой системы предиктивного мониторинга оборудования в структуре систем наблюдения и контроля позволит прогнозировать отказы техники наранней стадии и выявлять потенциальные неисправности до их возникновения, продлевая срок службы оборудования. Это даёт возможность фиксировать не только последствия отказов, но и предупреждать о причинах, предоставляя персоналу запас времени на планирование ремонтных работ и снижая затраты на внеплановое обслуживание.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 22.1.12-2005. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений. Общие требования. – М.: Стандартинформ, 2005. – 12 с.

2. Давыдов В.Г. Автоматизированные системы комплексного мониторинга и управления технологическими процессами: учебное пособие / В.Г. Давыдов, В.Н. Хохловский. – СПб.: СППУ, 2019. – 65 с.

3. Максимов А.С. SCADA-системы / А.С. Максимов, С.Д. Савостин, В.С. Артемьев. – М.: Курск: Университетская книга, 2023. – 126 с.

УДК 004.415.25

ЛЕОНОВ Д.Д., ФЕДОРОВ В.М., ЦАРЬКОВ А.С.

АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ДЕКОДИРОВАНИЯ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ ОПТИКО-МЕХАНИЧЕСКОГО БЛОКА

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

В работе рассматривается разработка алгоритмического обеспечения для специализированного программного комплекса, предназначенного для постобработки и анализа телеметрической информации оптико-механического блока [1]. Актуальность исследования обусловлена необходимостью перехода от оперативного контроля оборудования в реальном времени к методам удаленной диагностики по предварительно записанным данным, что позволяет снизить требования к присутствию персонала на объекте эксплуатации [2]. Кроме того, такой подход создает возможность формирования базы данных типовых аварийных ситуаций для последующего обучения систем поддержки принятия решений.

Входными данными для программы являются бинарные файлы с расширением «.raw», содержащие разнородные потоки сообщений от интерфейсов CAN и UART [3]. Разработан алгоритм последовательного чтения и классификации сообщений, основанный на идентификации однобайтового заголовка. В ходе выполнения алгоритма сообщения CAN извлекаются и парсятся на основе фиксированной структуры, включающей идентификатор (ID), размер, массив данных и метку времени. Для сообщений UART реализован более сложный конвейерный алгоритм, включающий поиск стартового байта (0xFF) и байта конца сообщения (0x03), обработку экранированных символов (0x10) и проверку целостности данных через вычисление контрольной суммы. Данный конвейер позволяет корректно обрабатывать пакеты переменной длины даже при наличии сбойных вставок в бинарном потоке.

Особенностью подхода является создание «прозрачного» метода анализа, при котором внутренний протокол взаимодействия устройства не раскрывается полностью, но все значимые параметры успешно извлекаются и визуализируются. Итогом работы является программное обеспечение с графическим интерфейсом на QML, отображающее временные зависимости ключевых параметров [4]. Предложенное алгоритмическое решение позволяет тиражировать метод анализа для других типов устройств со сходной структурой выходных данных, а также интегрировать его в существующие системы мониторинга состояния сложной техники.

В разработанном ПО реализована двухуровневая система обработки, соответствующая физическому разделению каналов получения данных. Сообщения CAN, имеющие единую фиксированную структуру (4 байта ID, 1 байт размера, 8 байт данных, 8 байт времени), извлекаются и интерпретируются без дополнительной предобработки. Для сообщений UART, напротив, применяется посимвольный разбор с отслеживанием стартовых (0xFF) и завершающих (0x03) маркеров, а также обработкой экранирующего байта 0x10. После успешной сборки пакета и верификации контрольной суммы формируется массив данных, который направляется в модуль построения графиков с привязкой к временной метке.

Библиографический список

1. Стенли Б. Липпман. Язык программирования C++. Базовый курс, 5-е изд. / Пер. с англ. – М.: ООО "ИЛ. Вильямс", 2014. – 1120 с.
2. Шлее, М. Qt 5.3. Профессиональное программирование на C++ / М. Шлее – СПб.: БХВ-Петербург, 2015. – 928 с.
3. Мейерс, Скотт. Эффективный и современный C++: 42 рекомендации по использованию C++ 11 и C++14 / Пер. с англ. – М.: ООО "ИЛ. Вильямс", 2016. – 304 с.

4. Лаптев, В.В. Qt Plus. Профессиональное программирование на C++ в среде Qt / В.В. Лаптев, А.В. Морозов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2018. – 512 с.

УДК 004

МЯКИШЕВА Е.Н., ГРИШИНА О.В.

ИНТЕРАКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ: РАЗРАБОТКА РЕСУРСА С ВИРТУАЛЬНЫМИ ЭКСПЕРИМЕНТАМИ

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Физика – одна из ключевых дисциплин, которые важно изучать в настоящеммире.Безэтой науки не существовало бы современных коммуникационных систем и информационных устройств, без которых человек уже не может представить свою жизнь. Студенты, обучающиеся в технических вузах, должны хорошо знать физику, чтобы стать успешными и востребованными специалистами. Необходимо не только хорошо владеть теоретической информацией, но и уметь применять свои знания на практике. Это можно сделать несколькими способами: решать практические задания, отвечать на контрольные вопросы или проходить тестирования. В связи с этим удобны электронные учебно-методические комплексы, которые содержат не только теоретические материалы, но и виртуальные эксперименты и контроль знаний. Рассмотрим разработанный электронный ресурс по физике на тему «Механические колебания и волны». На рисунке 1 представлена его титульная страница, которую видит пользователь, открыв сайт. Именно с нее начинается взаимодействие системы с пользователем. Чтобы перейти в нужные разделы достаточно нажать на них компьютерной кнопкой мыши.

Ресурс состоит из трех больших информационных блоков. Первый посвящен теории. В нем представлены основные темы, материал которых для лучшего усвоения и удобства для пользователя разделен на пункты. Важная информация занесена в цветные рамки и выделена жирным шрифтом. Когда пользователи изучат теоретические материалы, система предложит им закрепить свои знания несколькими способами. Можно ответить на контрольные вопросы, рассмотреть разобранные примеры и попытаться решить несколько задач самостоятельно. Альтернативный вариант – пройти итоговые тестирования по каждой теоретической теме.

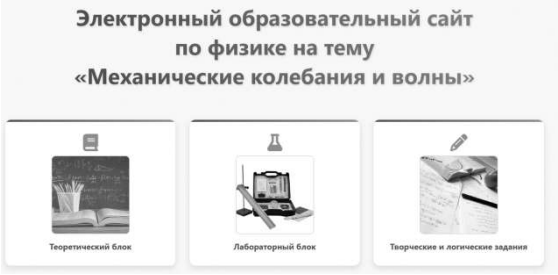


Рис. 1. Титульная страница образовательного ресурса

Второй блок, который представлен в электронном ресурсе, содержит лабораторные работы по механическим колебаниям. В нем пользователи смогут проводить виртуальные эксперименты. Для этого были разработаны электронные установки. После запуска эксперимента, данные автоматически заносятся в таблицы, где по формулам вычисляется требуемая искомая величина. Пользователи могут изменять параметры и исследовать полученные зависимости. Эксперимент можно проводить столько раз, сколько потребуется. Помимо вычисления искомых величин система также рассчитывает погрешности измерений.

Завершающий блок посвящен разным творческим и логическим заданиям. Здесь поль-

зователю будет предложено сопоставить физические величины с их единицами измерения, заполнить теоретические пропуски, сопоставить изображение с его описанием и многое другое. Для создания учебно-методического комплекса были применены современные веб-технологии: HTML, CSS, JavaScript. Физические величины, формулы и законы были набраны с помощью языка разметки LaTeX.

УДК621.398

НИКИТИНА Я.А.

GSM-КОНТРОЛЛЕР ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ К ОХРАНЯЕМЫМ ОБЪЕКТАМ

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им Р.Е. Алексеева

Системы контроля и управления доступом являются на сегодняшний день актуальными решениями для повышения уровня безопасности охраняемых объектов. Интегрированные в систему охраны GSM-контроллеры позволяют удаленно управлять замками, шлагбаумами и другими исполнительными механизмами. Команды управления и оповещения передаются посредством SMS-сообщений или телефонных звонков.

В настоящей работе представлено устройство, которое позволяет объединить функции охранной системы и системы связи в единый блок. Данным устройством является GSM-контроллер доступа к охраняемым объектам.GSM-контроллер должен принимать и обрабатывать сигналы с датчиков, управлять исполнительными механизмами и обмениваться командами с разрешённым списком пользователей посредством звонков и SMS-сообщений. Структурная схема GSM-контроллера доступа представлена на рис. 1.

GSM-контроллер реализован на микроконтроллере Atmega8, содержит блок внешней энергонезависимой памяти телефонных номеров, GSM-модем, блок управления исполнительными механизмами и канал для приема сигналов с датчиков открытия/закрытия. Для поддержания стабильной связи контроллер включает в себя встроенную антенну и дополнительно может дооснащаться выносным антенным модулем. SIM-карта устанавливается непосредственно в блок контроллера, который обеспечивает поддержку SIM-карт всех операторов РФ в стандарте GSM

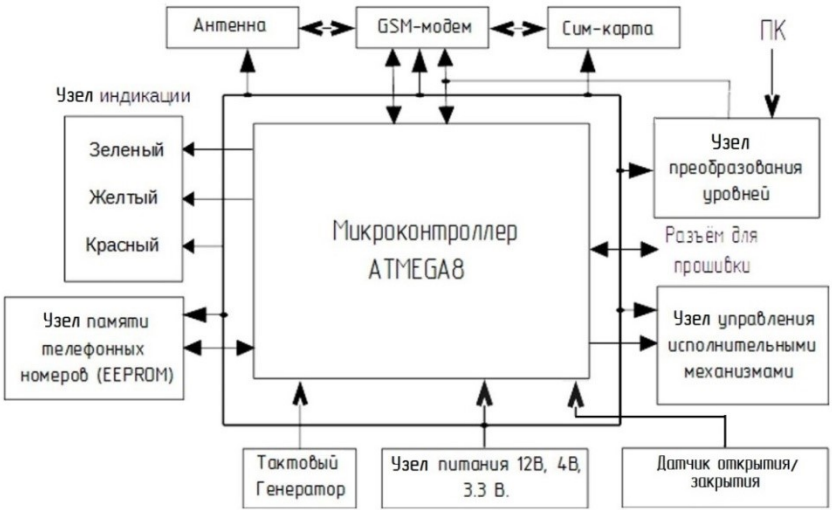


Рис.1. Структурная схема блока GSM-контроллера доступа

Контроллер может поддерживать постоянную проводную связь с персональным компьютером через интерфейс USB, для этого схема блока содержит узел преобразования уров-

ней. Энергонезависимая память позволяет хранить базу из 250 номеров пользователей, а так же базу команд и ответных данных.

Узел управления исполнительными механизмами имеет три управляемых канала и рассчитан на коммутацию нагрузки с током потребления до 4,5 А и максимальным напряжение 310 В.

Разработанный GSM-контроллер доступа рассчитан на круглосуточную работу с питанием от внешнего источника постоянного тока напряжением 12 В.

УДК621.31

НИКИШКОВ Р.И.

РАЗРАБОТКА ЧАСТОТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ АССИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им Р.Е. Алексеева

Эффективное управление асинхронными трёхфазными электродвигателями осуществляется с помощью специализированных частотных преобразователей (ЧП) напряжения. Скорость вращения и момент на выходном валу электродвигателя (ЭД) зависят от частоты и уровня напряжения, подаваемого на его обмотки.

Разрабатываемый ЧП формирует переменное трехфазное напряжение с номинальным действующим значением 220В, которое может регулироваться в диапазоне частот от 1 до 800 Гц с точностью 1% и в диапазоне напряжений от 0 до 220 В с точностью ±1 В.Номинальная выходная мощность ЧП составляет 2200 Вт.

Структурная схема ЧП представлена на рис. 1. Питание преобразователя осуществляется от сетевого напряжения 220 В, 50 Гц.

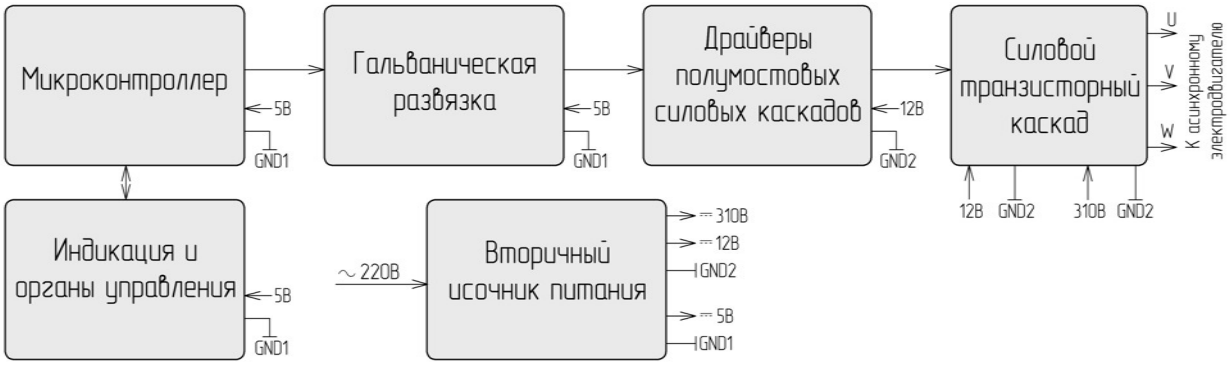


Рис.1. Структурная схема частотного преобразователя

Выходное напряжение представляет собой аппроксимированный синус, следовательно, силовые каскады по каждой фазе представлены одной полумостовой парой силовых IGBTтранзисторов. Правильная работа транзисторных каскадов задается с помощью специализированных полумостовых драйверов. Драйверы формируют необходимый сигнал для срабатывания транзисторов и предотвращают возникновение сквозных токов через каскады.Команды управления работой драйверов формируются микроконтроллером и через узел гальванической развязки поступают на драйверы.

Вторичный источник питания формирует три уровня напряжений постоянного тока. Силовая высоковольтная цепь 310 В необходима для питания силовых транзисторов и непосредственного формирования выходного напряжения. Цепь 12 В питает драйверы силовых каскадов. По цепи 5 В осуществляется питания всех цифровых элементов управления и индикации.

Индикация параметров работы ЧП осуществляется через ЖК-дисплей, выбор режимов и настройка частоты работыЭД осуществляется с помощью трех кнопок.

Конструктивно разрабатываемый ЧП представляет собой блок, в который входит два печатных узла: модуль ЧП и модуль индикации.Корпус блока металлический, общая масса блока 0,95 кг, габариты 170×130×60 мм. Особенностью конструкции является отсутствие принудительного охлаждения силовых каскадов. Это вызвано применением транзисторов с низким уровнем насыщения и высокой рабочей частотой переключения, что позволило снизить тепловые потери и повысить КПД при работе в условиях частотного преобразователя.

УДК 681.5.013

ПАШАНИН Д.Е.

ВИЗУАЛЬНОЕ СЕРВОУПРАВЛЕНИЕ С ИТЕРАТИВНЫМ ОБУЧЕНИЕМ

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева,
Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им Р.Е. Алексеева

Робототехнические системы в настоящее время являются одной из наиболее активно развивающихся областей техники, где высокая точность воспроизведения заданной траектории является ключевым требованием. В условиях повторяющихся производственных операций особый интерес могут представлять алгоритмы управления с итеративным обучением, позволяющие повышать точность за счет информации об ошибках с предыдущих итераций. Применение визуальной обратной связи с итеративным обучением позволяет обеспечить значительный прирост в подавлении внешних возмущений. Следовательно, разработка алгоритма визуального управления с итеративным обучением, обеспечивающего следование траектории с высокой точностью, является актуальной задачей.

В терминах относительного движения перемещение тела записывается как:

$$V_{co}^{\ b} = -Ad(g_{co}^{-1})V_{wc}^{b},$$

где V_{wc}^{b} — управляющая скорость, $Ad(\square)$ — присоединённое преобразование группы SE(3). Тогда выбирая динамику ошибки как

$$V_{ec}^{b} = -Ad(g_{ec}^{\ -1})(u_{ei} + K_c e_c) \text{ и}$$

$$\text{управление} \quad V_{wc}^{b} = Ad(g_{cd})K_c e_c + u_l$$

приходим к обучающему закону вида [2]:

$$u_l^{k+1} = u_l^k - Ad(g_{cd})K_l v^k$$

на основании которого доказана сходимость.

Представленный алгоритм позволяет улучшать переходные процессы при повторениях, обеспечивая устойчивость к моделируемым возмущениям, и гарантирует устойчивость с точки зрения пассивности.

Библиографический список

1. Masayuki Fujita, Kawai H., Spong M. W. Passivity-based dynamic visual feedback control for three-dimensional target tracking // IEEE Transactions on Control Systems Technology. 2007. Vol. 15, No. 1. P. 40–52.

2. Toshiyuki Murao, Kawai H., Masayuki Fujita. Passivity-based iterative learning control for visual feedback system // Proc. IEEE International Conference on Control Applications. 2011. P. 675–680.

УДК 004.584

ПОДЛИПАЕВ Е.А., ЗОТОВ С.М.,КОЖЕВЯТКИНА М.А.

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ ЧАТ-БОТА В СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ «ВКОНТАКТЕ» ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ КЛИЕНТСКОГО СЕРВИСА

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им Р.Е. Алексеева

В статье рассматривается процесс проектирования специализированного чат-бота для социальной сети «ВКонтакте» с целью автоматизации первичного взаимодействия с клиентами компании «Шоуленд», работающей в сфере организации детских праздников.

Объектом исследования выступает процесс клиентского обслуживания. Анализ бизнес-процессов показал, что ручная обработка одного запроса занимает 15-20 минут, при этом до 70% обращений содержат информацию, доступную в открытых источниках. В периоды пиковой нагрузки (новогодние праздники, окончание учебного года) задержки в коммуникации приводят к потере потенциальных клиентов.

Для реализации выбран язык программирования Python благодаря развитой экосистеме библиотек для работы с данными и внешними API. Взаимодействие с социальной сетью осуществляется через VK Callback API, обеспечивающий стабильную обработку событий при высокой нагрузке. Архитектура приложения построена на принципах объектно-ориентированного программирования, что позволяет гибко масштабировать функционал. Для хранения данных о диалогах и лидах используется СУБД PostgreSQL.

Диалоговая система реализована на основе иерархической структуры сценариев. Корневой узел содержит приветственное меню, ветвление осуществляется по выбору пользователя или распознанным ключевым словам. Основные модули: подбор программы (возраст ребёнка, количество гостей, тематика), калькулятор стоимости (динамический расчёт на основе выбранных опций), проверка доступности дат (интеграция с календарём занятости), сбор контактных данных.

Клиент вводит параметры через интерфейс с кнопками, бот мгновенно отображает ориентировочную цену, что снижает количество уточняющих вопросов. Валидация контактных данных (формат телефона) обеспечивает качество собираемой информации. Сложные запросы автоматически передаются живому оператору.

Ожидаемые результаты: сокращение времени первичного ответа до 1-2 минут, снижение нагрузки на менеджеров на 40–60%, рост конверсии за счёт оперативности. В дальнейшем планируется интеграция с CRM-системой компании и подключение языковых моделей для улучшения распознавания намерений.

Разработка подтверждает эффективность цифровизации клиентского сервиса в сфере услуг через социальные сети. Баланс между автоматизацией и персональным участием сохраняет эмоциональную составляющую, критически важную в индустрии детских развлечений.

Библиографический список

1. VK Developers. Документация API ВКонтакте. [Интернет источник]: https://dev.vk.com/ru
2. PythonWorld. Справочник по языку Python. [Интернет источник]: https://pythonworld.ru
3. Хабр. Асинхронное программирование на Python с использованием aiohttp. [Интернет источник]: https://habr.com/ru/companies/slurm/news/692528/

УДК 621.37

ПРАХОВ М.И.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦИФРОВОГО АУДИОЭКВАЛАЙЗЕРА

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им Р.Е. Алексеева

Аудиоэквалайзеры являются неотъемлемой частью современных аудиосистем, с их помощью осуществляется точная регулировка частотных характеристики аудиосигнала. Они широко применяются при обработке сигналов с музыкальных инструментов, например, на репетициях или при записи музыки [1]. В бюджетном сегменте рынка эквалайзеры представлены в виде аналоговых устройств, способных обрабатывать один стереосигнал с регулировкой частотных характеристик по трем полосам, что не всегда удобно для использования в описанных выше задачах.

В данной работе предлагается расширить функционал бюджетной линейки аудиоэквалайзеров за счет увеличения диапазонов регулирования частотных характеристик до 5 полос, а также добавления функции микширования (сведения) до трех стереосигналов с возможностью индивидуальной регулировки уровня громкости.

Для реализации поставленной задачи были изучены различные варианты исполнения аудиоэквалайзеров, микшерных пультов и другого аудио оборудования. В качестве оптимального варианта был выбран метод, в котором обработка аудиосигнала осуществляется в аналоговой форме, без промежуточной оцифровки, но при этом управление и задание требуемых характеристик реализовано посредством цифрового управления.

В результате проектируемый аудиоэквалайзер был разделен на три основных функциональных узла: аудиопроцессор, пятиканальный стерео аудиоэквалайзер и блок управления.

Аудиопроцессор реализован на микросхеме TDA7313D. Данный узел выполняет функцию микшера трех стереовходов. С его помощью осуществляется предварительная фильтрация входных сигналов и регулировка уровня громкости.

Пятиканальный стереоэквалайзер принимает сведенный стереосигнал от аудиопроцессора. Данный узел выполнен на микросхеме TDA7317 (пяти полосный графический эквалайзер) и обеспечивает регулировку частотных характеристик в пяти диапазонах. Полосы частот заданы с помощью аналоговых фильтров. Далее обработанный сигнал возвращается на аудиопроцесоор в котором осуществляется окончательное усиление и формируется два стереовыхода для фронтальной и тыловой акустики.

Режимы работы аудиопроцессора и пятиканального эквалайзера задаются с помощью цифрового управления по шине I^2C. Для этого необходим блок управления, который реализован на микроконтроллереPIC16F628A. Преимуществом данного микроконтроллера является низкая стоимость и широкие функциональные возможности. В дополнение к вышеописанным задачам микроконтроллер принимает сигналы от кнопок управления и передает данные о режимах работы устройства на LCD-дисплей с разрешением 16×2 символов.

Питание цифрового аудиоэквалайзера осуществляется от внешнего блока питания напряжением 12 В. Для питание аналоговых и цифровых узлов схемы с помощью блока стабилизации напряжения формируются уровни 9 В и 5 В.

Разработанный блок цифрового аудиоэквалайзера имеет габаритные размеры 194×114×43,5 мм, масса блока не превышает 0,28 кг.

---

1. Ковалгин, Ю.А. Аудиотехника : учебник для вузов / Ю. А. Ковалгин, Э. И. Вологдин. – Санкт-Петербург : Лань, 2018. – 416 с.

УДК 621.31

РЫБАКОВ А.И.

РАЗРАБОТКА РЕГУЛЯТОРА МОЩНОСТИ ПЕРЕМЕННОГО СЕТЕВОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им Р.Е. Алексеева

Регуляторы мощности (РМ) являются базовыми элементами автоматических систем управления технологическими процессами. Их применение позволяет энергоэффективно управлять яркостью освещения, температурой нагревательных элементов или скоростью вращения электродвигателей[1].

Для представленных на рынкеРМ переменного сетевого напряжения характерно применение зарубежной элементной базы, что ставит производителей в зависимость от импорта комплектующих, а потребителей заставляет тратить больше времени и средств на обслуживание и ремонт.Учитывая растущие требования к энергоэффективности, надежности и удобству управления электрическими системами, проектирование регулятора мощности на отечественной элементной базе является актуальной задачей.

Разработанный РМ осуществляет управление мощностью сетевой нагрузки 220 В с возможностью автоматического его увеличения до максимального уровня за установленный период времени.

РМ работает по принципу коммутации сетевого напряжения с фазовым управлением. Это значит, что задание уровня мощности осуществляется за счёт установки определенного времени открытия силовых ключей относительно фазы сетевого напряжения. В таком случае на нагрузку поступает только часть каждого полупериода сетевого напряжения. Время заполнения полупериода определяет процент мощности.

Выходной каскад РМ построен на базе симистора с оптосимисторной развязкой по управляющему сигналу. Блок управления состоит из двоичных реверсивных счетчиков и генератора импульсов. Данный вариант исполнения позволяет отказаться от дорогостоящих микроконтроллеров, повысить надежность РМ за счет применения жесткой логической цепочки и при этом достичь возможности плавной корректировки уровня мощности.

Основные характеристики РМ:

- напряжение питания переменное 220 В, 50 Гц;
- максимальный ток нагрузки 4,5 А;
- возможность работы с активно-индуктивной нагрузкой;
- наличие функции плавного пуска;
- регулирование мощности в диапазоне от 1% до 98%.

Блок РМ имеет габаритные размеры 120×120×55 мм, массу 0,35 кг. Конструкция блока включает в себя печатный узел, корпус из АБС пластика и разъемы для коммутации силовых цепей.

Анализ теплового режима конструкции РМ выполнялся в среде моделирования AnsysIcepak. При температуре окружающей среды в 40°С температура выходного симисторного каскада не превысила уровня 55°С. РМ имеет среднюю наработку на отказ 27852 ч.

Анализ вибропрочности и ударопрочности конструкции показал полное соответствие предъявляемым требования. Так первая собственная частота конструкции составляет 535 Гц, а ударное ускорение и максимальное относительное перемещение не превышает значений, допустимых для применяемых радиоэлементов и материалов.

---

1. Зиновьев, Г. С. Основы силовой электроники :учеб.пособие / Г. С. Зиновьев. – Новосибирск : НГТУ, 2003. – 664 с.

УДК 621.31

САЗАНОВ А.А.

РАЗРАБОТКА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ БЛОКА ПИТАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ДЛЯ ГИРОСТАБИЛИЗАТОРА

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

В современных системах управления и наведения широко применяются гиростабилизаторы. Одной из ключевых задач в этой области является повышение надёжности таких систем и их модернизация за счёт обновления элементной базы и новых схемотехнических решений. Одним из такого решения выступает разработка обновлённых печатных платблоков электроники (БЭ), входящих в состав гиростабилизаторов.

В данной работе рассматривается разработка модернизированной печатной платы блока питания двигателей (БПД). Сама плата состоит из трёх узлов: линейного стабилизатора напряжения (ЛСН), блока питания гиромотора (БПГ) и генератора опорного напряжения (ГОН).

Стабилизатор напряжения предназначен для формирования постоянного напряжения для питания БПГ. При включении до прохождения команды работает управляемый ключ, и стабилизатор напряжения выдаёт напряжение 16 В, после прохождения команды работает стабилизатор и выдаёт стабилизированное напряжение, обеспечивающее действующее линейное напряжение на входе БПГ равное 8,5±0,5В.

Блок питания гиромотора предназначен для формирования трёхфазного переменного напряжения для питания гиромотора. Функционально БПГ состоит из формирователя трёхфазного напряжения (ФТН) и усилителя мощности (УМ).ФТН формирует шесть последовательностей прямоугольных импульсов, сдвинутых по фазе друг относительно друга на 60°, необходимых для управления усилителя мощности. ФТН формирует опорную частоту 11294 Гц для питания датчика угла. До подачи команды БПГ выдаёт действующее значение линейного напряжения не менее 16В, а после подачи команды 8,5В.Усилитель мощности предназначен для усиления сигнала, который поступает с формирователя трёхфазного напряжения со сдвигом фаз 120±5°.

Генератор опорного напряжения предназначен для питания синусоидальным напряжением частотой 11294 Гц датчика угла гироскопа.

На вход регулируемого ограничителя (РО) поступают прямоугольные импульсы частотой 11294 Гц с блока питания гиромотора. Затем из этих импульсов с помощью фильтра (Ф) выделяется первая гармоника. Она представляет собой синусоидальный сигнал. Усиленный по мощности сигнал поступает на питания датчика угла. Для стабилизации амплитуды сигнала используется автоматическая регулировка усиления (АРУ). Её основная задача регулировать коэффициент усиления в зависимости от изменения входного напряжения. При повышении напряжения на входе коэффициент усиления будет уменьшаться, и наоборот.

Эти три узла реализуются на двусторонней ПП, имеющей габариты 210×114 мм, изготовленной базовым комбинированным позитивным методом. Монтаж компонентов на плату производится вручную. В процессе работы была разработана технологическая схема сборки и рассчитано время для основных операций. Также была обновлена элементная база платы, все зарубежные компоненты были заменены на отечественные аналоги.

С точки зрения технологичности изделие имеет преимущества: высокая повторяемость элементов и высокий уровень стандартизации. Это значительно снижает себестоимость изделия и ускоряет производственный процесс. Метод изготовления печатной платы позволяет обеспечить необходимую точность и надёжность соединений.

Таким образом, разработанная печатная плата БПД является отличным решением для повышения эффективности работы гиростабилизатора и его надёжности, что важно в связи с растущими требованиями к этому устройству.

Библиографический список

1. Р. Кофлин, Ф. Дрискол «Операционные усилители и линейные интегральные схемы» - Издательство «МИР», Москва 1979г.
2. В.А. Шаров «Аналоговая схемотехника» учеб. пособие; Нижегород. Гос. техн. Университет им Р.Е. Алексеева. – Н. Новгород, 2025.-183 стр.
3. Хоровиц П., Хилл У. «Искусство схемотехники»: Пер с англ. – Изд. 6-е – М: МИР, 2003. – 704стр.

УДК 004.89

СЕРГЕЕВ А.А. ГУСЬКОВА Ю.А.

ПОВЫШЕНИЕ РОБАСТНОСТИ РАСПОЗНАВАНИЯ ГОЛОСОВЫХ КОМАНД В УСЛОВИЯХ БЫТОВОГО ШУМА С ПОМОЩЬЮ ATTENTION-МЕХАНИЗМОВ

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Исследуется проблема распознавания голосовых команд в системах умного дома при бытовых шумах. Предложен метод повышения помехоустойчивости путём интеграции attention-модуля в свёрточную нейросеть. Эксперименты на зашумлённых данных показали снижения ошибки распознавания на 15–20% по сравнению с базовой моделью. Визуализация карт внимания подтверждает фокусировку на речевых сегментах.

Голосовое управление в умных домах сталкивается с акустическими помехами (телевизор, пылесос, вода, разговоры). Традиционные методы шумоподавления неэффективны против нестационарных шумов [1]. Цель работы – разработка сверточной сети с attention-модулем для распознавания голосовых команд в условиях бытового шума.

Входной сигнал (1 секунда, 16 кГц) преобразуется в мел-спектрограмму (64x64). Архитектура: три сверточных блока (32, 64, 128 фильтров, ядро 3x3, maxpooling 2x2) [2]. Также добавлен модуль пространственно-частотного внимания [3]: вычисляются временные и частотные веса через глобальные усреднения и полносвязные слои (сжатие и 4 раза + Sigmoid). Число параметров - примерно 450 тыс.

Использован датасет GoogleSpeechCommandv2 (12 команд). Шумы из ESC-50 (телевизор, пылесос, вода) при SNR равный 20, 10, 5, 0 дБ. Базовая модель – сверточная сеть без attention. Метрики: точность (accuracy) и словесная ошибка (WER).

Модель attention превосходит базовую при всех уровнях шума. Максимальный выигрыш (снижение WER на 20,7%) при SNR равен 5 дБ. На чистом сигнале - разница незначительная.

Визуализация карт внимания показала: высокие веса присваиваются временным интервалом с речевой активностью (0,2–0,7 с) и частичному диапазону 200–2000 Гц, что подтверждает подавление шума.

Предложенная архитектура с пространственно-частотным вниманием снижает ошибку распознавания на 15–20% в диапазоне SND 0-20 дБ, по сравнению со сверточной сетью без attention. Модель фокусируется на речевых сегментах и может быть использована в системах умного дома.

Библиографический список

1. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. – СПб.: Питер, 2018.
2. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации. – М.: Финансы и статистика, 2016.
3. Васильев А.Н., Тархов Д.А. Механизмы внимания в нейросетевых архитектурах // Информационные технологии. – 2023. – Т. 29, № 5. – С. 227–234.

УДК 004.056.53

СОЛОВОВ А.Ю.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им Р.Е. Алексеева

В работе рассматривается проблема обеспечения безопасности электронных запоминающих устройств и подходы по их защите от несанкционированного доступа.

На текущий момент проведенные исследования [1] в области защиты информации выделяют следующие основные подходы к удалению данных:

−механический;

−термический;

−химический;

−термохимический;

−пиротехнический.

Наиболее эффективным среди перечисленных считается пиротехнический метод [2].

Достоинства метода – скорость и эффективность уничтожения носителя.

Недостатки – требования к обеспечиванию безопасности персонала (установка устройства в замкнутом объеме, например, в корпусе, где расположен носитель информации).

Для решения текущих проблем и повышения эффективности предложены следующие технические меры, перечисленные далее.

1. Изменить электрическую схему электронного блока, внедрив микроконтроллер для управления датчиками и функциями устройства.
2. Перевести питание устройства на постоянное напряжение ±5В через USB, что позволит подключать его к широкому спектру источников питания.
3. Оптимизировать процесс монтажа, используя клеммную колодку.
4. Вынести активный компонент за пределы печатной платы.
5. Использовать несколько пиротехнических зарядов для увеличения площади гарантированного уничтожения чипов памяти.

Разработана функциональная и электрическая схема модернизированного электронного узла, позволяющие задействовать дополнительные внешние датчики.

Предлагаемая модернизация узла электронного в итоге расширит возможности использования устройства защиты информации во многих сферах деятельности. Современные возможности изготовления и монтажа печатных плат позволяют масштабировать производство данных изделий. Использование по большей части SMD компонентов на печатной плате значительно ускоряют процессы производства и соответственно снижают себестоимость готовых узлов.

Библиографический список

1. Жилина А.А. Методы уничтожения данных с жесткого диска // Научные записки молодых исследователей. – 2020. – № 8(4). – С. 65-73.

2. Жарков С.В., Назаров Д.В., Полянцев Д.В. Новые перспективные методы экстренного уничтожения информации // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. – 2022. - №11-12. – С. 54-60.

УДК 004.94

СЫЧЁВ К.С.

АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ГЕНЕРАЦИИ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ В СРЕДЕ MATLAB SIMULINK

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

В работе рассмотрены три способа построения имитационных моделей электронных схем в MATLAB Simulink с использованием библиотеки SimscapeElectrical. Оценивается их пригодность для автоматизации диагностики неисправностей и вариантного анализа.

1. Ручная сборка в Simulink.

Инженер сам перетаскивает блоки из библиотеки (резисторы, транзисторы, источники), задаёт их параметры и соединяет вручную в соответствии с принципиальной схемой. Плюс – полный контроль над моделью. Минусы – огромные временные затраты (особенно при сложных схемах на десятки компонентов) и высокий риск пропустить соединение или перепутать порты. Для многовариантных расчётов (например, подбор номиналов) такой подход практически непригоден [1].

2. Импорт через стандартные средства Simscape.

В MATLAB есть функция `spice2ssc`, которая конвертирует netlist-файл в Simscape-компонент. Однако она работает только с ограниченным набором моделей (в основном базовые пассивные элементы) и не умеет разворачивать подсхемы с транзисторами и операционными усилителями. Кроме того, для каждой новой схемы требуется повторно запускать конвертацию и вручную править полученный блок, что почти так же трудоёмко, как ручная сборка [2].

3. Разработанный автором конвейер автоматической генерации.

Программа на MATLAB считывает netlist-файл (поддерживает как SPICE-подобный текст, так и экспорт из AltiumDesigner), извлекает все компоненты, узлы и номиналы. По заранее составленной карте соответствия типов (резистор, конденсатор, транзистор и т.д.) подбирает нужные блоки из библиотек `ee_lib` и `fl_lib`, добавляет их в модель, устанавливает параметры и автоматически соединяет по узлам, анализируя порты `LConn`/`RConn`/`C`/`B`/`E`. Дополнительно конвейер сам подключает датчик напряжения к первому резистору и выводит сигнал на осциллограф. Вся процедура для схемы из 10–20 элементов занимает менее секунды. Для исследования влияния дефектов (обрыв, короткое замыкание, дрейф параметров) достаточно модифицировать карту или значения, и модель перестраивается автоматически.

На практике конвейер показал себя надёжным инструментом: при тестировании на схеме эмиттерного повторителя (BC547B, 10 компонентов) модель собралась без единой ошибки, а результаты симуляции совпали с расчётными. По сравнению с ручной сборкой время сократилось с 20–30 минут до 2–3 секунд. Для дальнейшего развития планируется добавить поддержку операционных усилителей и микросхем, а также интегрировать модуль инжекции дефектов для обучения нейросетей диагностике.

Таким образом, предложенный алгоритмический конвейер является оптимальным решением для автоматизации построения имитационных моделей электронных устройств, особенно когда требуется многократный анализ или оценка влияния отказов.

Библиографический список

1. Химченко, А. В. Компьютерное моделирование технических систем : учебное пособие / А. В. Химченко, Н. И. Мищенко, Е. С. Сытник. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2025. — 205 с. С.101-109

2. Волчок, В. А. Моделирование электротехнических устройств на базе MATLAB, Simulink и SimscapeElectrical : практикум для студентов специальностей «Техническая эксплуатация энергооборудования организаций», «Электроэнергетика и электротехника» / В. А. Волчок, А. А. Бойко, К. В. Автух, Т. А. Гриб, В. Н. Войтас ; Учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы». — Гродно :ГрГУ им. Янки Купалы, 2023. — 39 с.

УДК 004.5

ТЮТЕРЕВА Л.Е.

ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНИК ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ»

Арзамасский политехнический институт (филиала) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

В последние десятилетия на фоне развития компьютерных технологий заметно увеличилась тенденция к созданию электронных учебников и образовательных курс, поскольку они позволяют быстро обновлять информацию, получать образование в любых местах, изучать темы в комфортном для пользователей темпе [1].

Автору статьи была поставлена задача на разработку современного электронного средства обучения по дисциплине «Теория управления» с созданием тестов самопроверки после каждого изученного теоретического блока. Материал для глав должен быть основан на базе лекционного курса, который читает профессора П.В. Пакшин, традиционных методических материалах и разделён на темы и параграфы. Необходимо обеспечить возможность комфортной навигации по темам электронного учебника.

На основе данного задания был разработан теоретический материал, сгруппирован по темам. В итоге было выделено 50 параграфов, которые были разделены на пять тем: «Основы и математическое описание», «Устойчивость систем», «Управляемость, наблюдаемость и модальное управление», «Оптимальное управление и наблюдатели», «Дискретные системы».

К каждому теоретическому блоку в конце страницы были добавлен тест самопроверки. Результаты тестирования можно посмотреть по каждому вопросу, а также ознакомиться с правильным ответом, к которому даётся пояснение на основе лекций.

В дополнительных материалах были добавлены «Галерея учёных», где можно познакомиться с биографией и достижениями в области «Теория управления» каждого учёного, «Словарь», позволяющий изучить определения, и связанные с ними термины, «Самопроверка», включающая в себя два вида тестов: первый – тест из 15 случайных вопросов по теории, второй – тест на соответствие, состоящий из двух туров, в котором необходимо соотнести учёного с его достижением для науки.

Система разработана с использованием языка HTML для создания структуры и разметки, каскадных таблиц стилей CSS, обеспечивающих визуальное оформление, и языка JavaScript для создания интерактивности, а также с применением LaTex для набора математических формул и уравнений. При разработке данной системы использованы рекомендации пособия и статьи [1; 2].

Таким образом, было разработано электронное средство обучения по дисциплине «Теория управления», включающее в себя 5 тем (50 параграфов). В каждой теоретической части были выделены главные моменты и реализованы тесты самопроверки с объяснением правильных ответов. Кроме того, реализована возможность ознакомиться с биографией учёных и их вкладом в науку, добавлен словарь по основным терминам и тесты самопроверки по всему изученному материалу. Для работы с этим электронным средством создана интуитивно понятная навигация.

Библиографический список

1. Пакшина, Н.А. Введение в компьютерные технологии обучения: / Н. А. Пакшина. – Нижний Новгород : НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2011. – 199 с.
2. Пакшина, Н.А. Учет особенностей цветового восприятия при оформлении электронных средств обучения / Н. А. Пакшина, С. А. Валов, Ю. П. Пакшина // Академический журнал Западной Сибири. – 2010. – № 5-6. – С. 19.

УДК 004.42

ТЮТЕРЕВА Л.Е., ЕМЕЛЬЯНОВА Т.В.

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ПРИЛОЖЕНИЯ «КАЛЬКУЛЯТОР ПЛОЩАДЕЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ФИГУР» НА ПЛАТФОРМЕ .NET

Арзамасский политехнический институт (филиала) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

В последние годы в образовании становится популярным использование различных приложений для визуализации данных. Актуальным является рассмотрение приложений с изменяющимися параметрами и их влияние на различные системы и объекты. При создании подобных приложений могут возникнуть немало сложностей, так как они требуют учёта их особенностей. Рассмотрим особенности разработки программного средства на примере создания приложения «Вычисление площади фигуры».

Приложение разрабатывалось на языке программирования C#, поскольку он является мощным инструментом для создания более масштабных и разносторонних приложений, востребованным во всём мире, постоянно расширяющим свой функционал [1]. Для реализации проекта было выбрано программное обеспечение MicrosoftVisualStudio 2022.

Перед созданием программной части был изучен теоретический материал по теме приложения, а именно, геометрические фигуры.

Процесс разработки приложения начинается с определения функциональных возможностей программы и разработки интерфейса приложения. Предпочтение было отдано минималистичному дизайну. Продумывался внешний вид интерфейса: окна для ввода данных и вывода результата и его визуализации. Способы определения площадей (по параметрам и по координатам) были разделены на две отдельные вкладки [2].

Далее разрабатываются функции для вычисления площадей и построения фигур. Инициализируются данные и флаги для учёта выбранной фигуры.

Следующим этапом выполняется проверка функциональных возможностей приложения. Определяются возможные ошибки пользователя при работе с приложением, например, пользователь забыл ввести необходимый параметр или тип фигуры. Для устранения возможных ошибок в программу добавляется проверка наличия переменных, выполняется вывод окон с предупреждением или сообщением о конкретной ошибке и указаниях по её решению.

Выполняется окончательное тестирование приложения в различных режимах работы.

По окончанию тестирования разрабатывается подробная инструкция приложения «Калькулятор площадей геометрических фигур». Для работы с первой вкладкой определяются обязательные параметры работы приложения. Представлено описание работы со второй вкладкой, в которой производится вычисление площади и построение геометрического образа фигуры по координатам. В инструкции также представлено описание работы приложения при возникновении возможных ошибок пользователя.

Таким образом, рассмотренные особенности разработки приложения «Калькулятор

площадей геометрических фигур» на платформе .NET могут помочь различным группам пользователей самостоятельно разрабатывать приложения с изменяющимися параметрами.

Библиографический список

1. **Liberty, J.** Programming C#: Building .NET Applications with C# / J. Liberty. – [Б. м.] : O'Reilly Media, 2002. – 447 с.
2. **Пакшина, Н.А.** Учет особенностей цветового восприятия при оформлении электронных средств обучения / Н. А. Пакшина, С. А. Валов, Ю. П. Пакшина // Академический журнал Западной Сибири. – 2010. – № 5-6. – С. 19.

УДК 621.39

ТЯШКИН Д.Н.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВИАМОДЕЛЬНОГО ТАХОМЕТРА

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им Р.Е. Алексеева

Изделие предназначено для измерения частоты вращения воздушного винта радиоуправляемых моделей самолетов. Прибор обеспечивает контроль скорости вращения лопастных механизмов в режиме реального времени, что позволяет использовать его как во время эксплуатации радиоуправляемой модели, например, для контролируемого увеличения тяги, либо для наземной калибровки и настройки системы управления авиамоделей.

Авиамодельный тахометр представляет собой измерительную систему, которая преобразует частоту вращения лопастей в электрический сигнал с последующей его обработкой и индикацией. Структурная схема тахометра представлена на рис. 1. Схема состоит из двух основных ветвей: генерирующей и приемной.

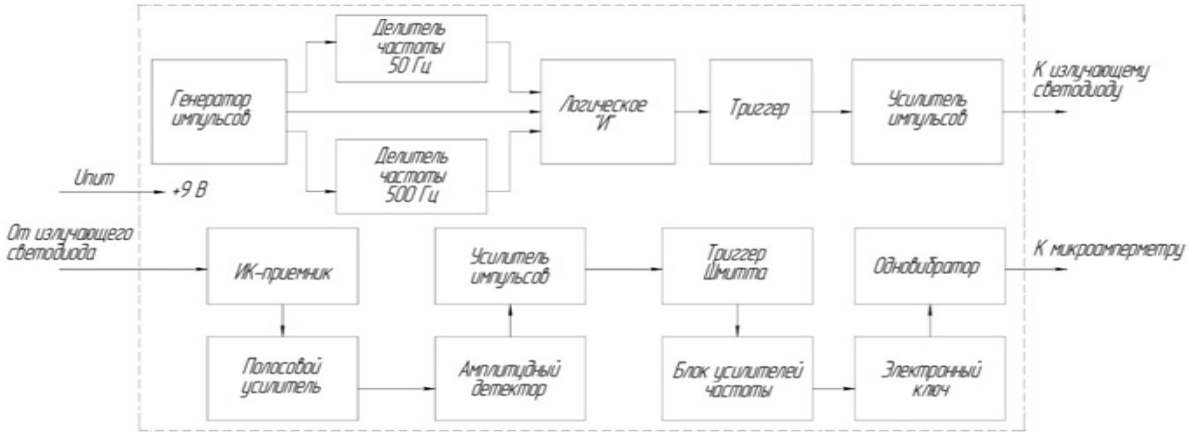


Рис.1. Структурная схемаавтономного инвертора напряжения

Генерирующая ветвь отвечает за генерацию тактовой частоты работы устройства и формирование сигнала для управления излучающим светодиодом. Она включает в себя такие функциональные узлы как генератор импульсов, делители частоты на 50 Гц и 500 Гц, логическое «И», триггер, усилитель импульсов.

Приемная ветвь выполняет функцию приема излучаемого сигнала, обработки и индикации. Она состоит из ИК-приемника, полосового усилителя, амплитудного детектора, усилителя импульсов, триггера Шмитта, блока усилителей частоты, электронного ключа и одновибратора.

Излучающий светодиод и ИК-приемник устанавливаются в непосредственной близости друг от друга. Оптический поток от излучающего светодиода попадает на вращающиеся лопасти, от которых далее отражается и принимается ИК-приемником. Принятый сигнал обрабатывается, по импульсным сигналам в амплитудном детекторе формируется аналоговая огибающая, которая после усиления с помощью триггера Шмитта принимает четкие логические уровни. Затем блок усилителей и одновибратор формируют из логических уровней управляющие импульсы с заданной длительностью. Эти импульсы поступают на электронный ключ, который коммутирует ток, подаваемый на микроамперметр. В результате на шкале индикатора отображается текущая скорость вращения двигателя в об/мин.

Помимо применения данного прибора при работе с авиамоделями его можно использовать для измерения частоты вращения других лопастных механизмов, как наземного, так и воздушного базирования.

УДК 681.513.6

ФЕДОРОВ В.М., ЛЕОНОВ Д.Д., ЦАРЬКОВ А.С.

РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПОИСКА ЭКСТРЕМУМА ДЛЯ ПОДАВЛЕНИЯ ВНЕШНИХ ВОЗМУЩЕНИЙ

Арзамасский политехнический институт(филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Перспективным направлением при построении регулятора для управления объектом в условиях неопределенности являются адаптивные законы. Среди многочисленных подходов можно выделить градиентные, а именно управление с поиском экстремума (ESC), гарантирующее устойчивость и сходимость при четко определенных условиях.[1]

Разработка закона управления на основе ESC сводится к тому, чтобы по найденному рекуррентному соотношению доставить максимум некоторой целевой функций [2]:

$$J(y,\theta) = J^*(t) + \frac{f''}{2}(\theta - \theta^*(t))^2 \ ,$$

где $f'' > 0$ – произвольная константа, θ – корректирующий сигнал, $\theta^*(t)$ – корректирующий эталонный сигнал.

Для получения оценки градиента целевой функции следует выполнить ряд преобразований. Во-первых, искомый закон можно получить через рекуррентное соотношение, которое получается при добавлении синусоидального возмущения к текущей оценке. Во-вторых, при пропуске входного сигнала через ФВЧ получить демодулирующий сигнал, измеряющий градиенты целевой функции. В-третьих, следует произвести интегрирование, чтобы получить накопленный сигнал без высокочастотных возмущений [3].

В результате численного моделирования при отработке возмущений для короткопериодического движения беспилотного летательного аппарата будет разработан адаптивный закон управления на основе поиска экстремума. Результаты представлены ниже на рисунке 1. Метод показал высокое качество подавления внешних возмущений по сравнению с классической структурой закона стабилизации в канале крена.

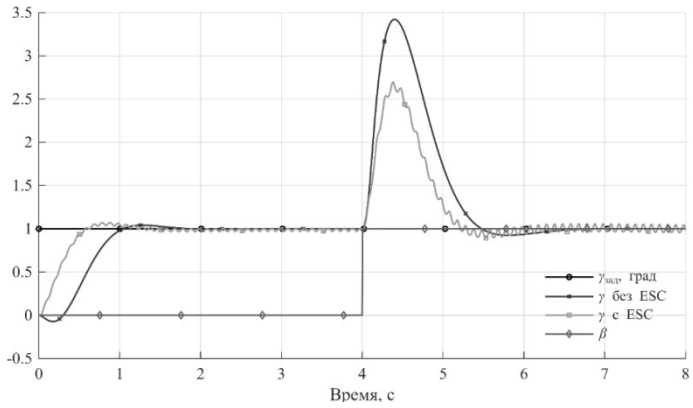


Рис.1 .Отработка возмущения в канале крена на типовом режиме полёта

Библиографический список

1. Ariyur K. B., Krstic M. Real-time optimization by extremum-seeking control. – John Wiley & Sons, 2003.
2. Baran H., Bayezit I., Jambak A. I. Robust Flight Control for Unmanned Aerial Vehicles: The Fusion of Full State Feedback and Extremum-Seeking Control //Journal of Aeronautics and Space Technologies. – 2024. – Т. 17. – №. 1. – С. 176-204.
3.Muhsen A., Raafat S. Optimized PID control of quadrotor system using extremum seeking algorithm //Engineering and Technology Journal. – 2021. – Т. 39. – №. 6. – С. 996-1010.

УДК 681.5.015.4

ФЕДОРОВ В. М., ЛЕОНОВ Д. Д., ЦАРЬКОВ А. С.

СИНТЕЗ ДИСКРЕТНОГО НАБЛЮДАТЕЛЯ ПОЛНОГО ПОРЯДКА НА ОСНОВЕ ЛИНЕЙНЫХ МАТРИЧНЫХ НЕРАВЕНСТВ И ТЕОРИИ РАЗМЕЩЕНИЯ ПОЛЮСОВ

Арзамасский политехнический институт(филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Перспективным направлением для нахождения «полной» информации о состояниях беспилотного летательного аппарата (БПЛА) является построение оптимальных алгоритмов оценивания, например, наблюдателей состояния[1]. Поскольку современные системы управления БПЛА, по большей части, это цифровые системы, то особое внимание стоит уделить дискретным наблюдателям [2]. Эффективным методом построения таких моделей является аппарат линейных матричных неравенств, в частности, на основе метода размещения полюсов.

Синтез дискретного наблюдателя сводится к тому, чтобы обеспечить асимптотической устойчивость ошибки слежения:

$$e = x - \hat{x} \to 0,\ t \to \infty,$$

где $x \in R^n$ – мерный неизвестный вектор состояния, $\hat{x} \in R^n$ –текущая оценка.

При построении дискретного наблюдателя следует перейти от задачи наблюдения к управлению. Данный переход является простым при решении, поэтому его можно осуществить при помощи двойственности. С помощью линейных матричных неравенств можно определить замкнутую область ограничений на единичной окружности (для случая дискретных

систем) для размещения корней характеристического полинома замкнутой системы с искомой матрицей усиления наблюдателя.

Так как единичная окружность уже показывает устойчивость системы, для получения наиболее точных корней сократим область до формы кардиоиды, в которой отобразим эллипс-конус. Таким образом, полученная фигура показывает наиболее оптимальные корни для удовлетворения решения.

В результате численного моделирования будет разработан дискретный наблюдатель полного порядка на основе линейных матричных неравенств и метода размещения полюсов. Результаты представлены на рис. 1. Метод показал высокое качество отбора корней для устойчивости системы и упростил проведение аппроксимаций для первоначальной области.

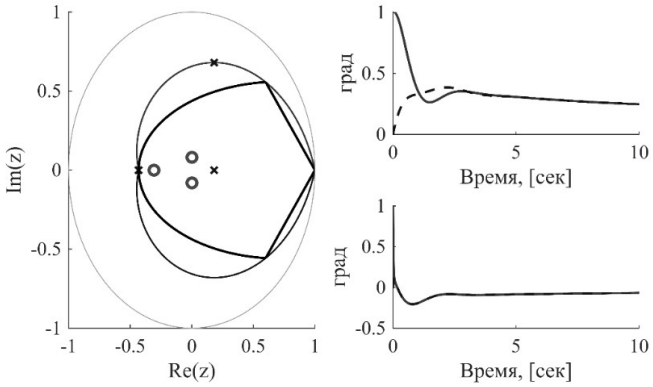


Рис.1.Построение замкнутой области расположения корней и графики сходимости оценок

Библиографический список

1. Браммер К., Зиффлинг Г. Фильтр Калмана-Бьюси. М.: Наука, 1982.
2. Boyd S., El Ghaoui L., Feron E., Balakrishnan V. Linear Matrix Inequalities in System and Control Theory. — Philadelphia: SIAM, 1994. — 193 p.

УДК 517.977.15+612.76

ХАРИТОНОВ Л. С.

СООТВЕТСТВИЕ БИОМЕХАНИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПЯТНИЦКОГО И НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ШЕРРИНГТОНА

Арзамасский политехнический институт НГТУ им. Р. Е. Алексеева

Рассмотрим задачу моделирования управления скелетно-мышечным движением живого организма. В простейшем случае она может быть формализована как задача управления угловым положением однозвенной механической системы.

Применительно к этой задаче Е. С. Пятницким в рамках концепции теоретической биомеханики [1] была предложена модель, построенная на основе аксиоматического метода. Особенностью данной модели является функционирование в условиях структурной, параметрической, силовой и информационной неопределённостей. При этом управление осуществляется лишь на основе знаков ошибок по углу θ и угловой скорости $\dot{\theta}$ в обобщённых координатах. Согласно данной концепции, существует единственный механизм формирования управляющего момента, имеющий вид скользящего режима с адаптацией коэффициентов:

$$M = \begin{cases} -k_1^+ \operatorname{sign}\theta - k_2^+ \operatorname{sign}\dot{\theta}, & \theta > 0, \\ -k_1^- \operatorname{sign}\theta - k_2^- \operatorname{sign}\dot{\theta}, & \theta < 0, \end{cases} \qquad (1)$$

где $k_{1,2}^{\pm}$ – функции-коэффициенты, изменяющиеся по следующему закону:

$$k_1^{\pm}(t):\begin{cases}\text{возрастает скачком}, & \theta = 0,\\ \text{монотонно убывает}, & \theta \neq 0,\end{cases} \quad k_2^{\pm}(t):\begin{cases}\text{возрастает скачком}, & \dot{\theta} = 0,\\ \text{монотонно убывает}, & \dot{\theta} \neq 0,\end{cases} \tag{2}$$

и удовлетворяющие ограничениям:

$$k_1^{\pm} > k_2^{\pm} + M^{\text{ext}} + M^{\text{int}} > 2\cdot(M^{\text{ext}} + M^{\text{int}}), \quad k_2^{\pm} > M^{\text{ext}} + M^{\text{int}}, \quad k_1^{\pm} + k_2^{\pm} \le H, \tag{3}$$

где: $M^{\text{ext}} \ge 0$ – максимальный момент внешних возмущений; $M^{\text{int}} \ge 0$ – максимальный целевой управляющий момент; $H > 0$ – максимальная величина управляющего ресурса.

С другой стороны, нейрофизиологическая модель Ч. С. Шеррингтона (C. S. Sherrington) [2] описывает фундаментальный механизм управления движением живых организмов. Она основана на принципе реципрокного (взаимного) торможения и предполагает разделение центра управления на две части (т.н. «полуцентры», от англ. *half-center*): одна из них ответственна за мышцу-сгибатель, а другая – за разгибатель.

Примечательно, что оба подхода – теоретический (биомеханическая модель Пятницкого) и экспериментальный (нейрофизиологическая модель Шеррингтона), хотя и были получены независимо – приводят к схожим функциональным схемам. На рисунке представлена топология импульсной биоподобной нейронной сети, реализующей механизм (1–3). Архитектура этой сети во многом повторяет описанный Шеррингтоном принцип полуцентров и реципрокного торможения.

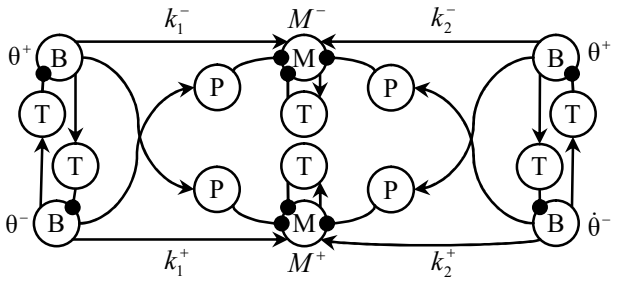


Рис 1. Топология нейронной сети:
кругами обозначены нейронные популяции: M – моторных нейронов, B – возбуждающих интернейронов, T – нейронов обратного торможения, P – тормозящих интернейронов. Возбуждающие связи отмечены острыми, а тормозящие – круглыми стрелками

Библиографический список

1. Пятницкий Е. С. Избранные труды. Теоретическая биомеханика. Концепция управления движением в условиях неопределенности. – М.: Физматлит, 2006. – 400 с.
2. Шеррингтон Ч. С. Интегративная деятельность нервной системы. – Л.: Наука, 1969. – 391 с.

УДК 621.31

ХОРЬКОВ А.А.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТАЙМЕРА С ПАМЯТЬЮ ДЛЯ УФ-ЛАМПЫ

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им Р.Е. Алексеева

В современных технологических процессах, связанных с фотополимеризацией, дезинфекцией и обработкой материалов, широко применяются ультрафиолетовые (УФ) лампы. Ключевым фактором эффективности их использования является точное соблюдение временных параметров облучения. В связи с этим особую актуальность приобретает разработка

специализированных управляющих устройств – таймеров с функцией памяти, позволяющих автоматизировать процесс и обеспечить воспроизводимость результатов. Устройство применяется в сферах, где требуется регламентированное УФ-облучение. Блок таймера позволяет адаптировать режим работы УФ-лампы к специфике конкретной задачи — от кратковременных импульсных воздействий до длительных циклов непрерывного облучения.

Схема электрическая принципиальная таймера с памятью представлена на рис. 1.

Плавкая вставка FU1 и диод VD1 защищают прибор от переполюсовки напряжения питания, превышения им и потребляемым от его источника током допустимых значений. Интегральный стабилизатор DA1 и конденсаторы C4, C6, C9, C10 формируют и фильтруют напряжение +5 В для питания микроконтроллера DD1, к которому подключены [1]:

– кварцевый резонатор BQ1;

– узел формирования импульса установки микроконтроллера в исходное состояние R1R2C1;

– управляемый транзистором VT7 излучатель звука HA1;

– фильтр сигналов инкрементного энкодера R19R20R22R23C11C12, собранный по схеме;

– токоограничительные резисторы R6-R13 для светодиодного индикатора;

– управляемое транзистором VT2 исполнительное реле K1 с индикатором состояния – светодиодом VD7.

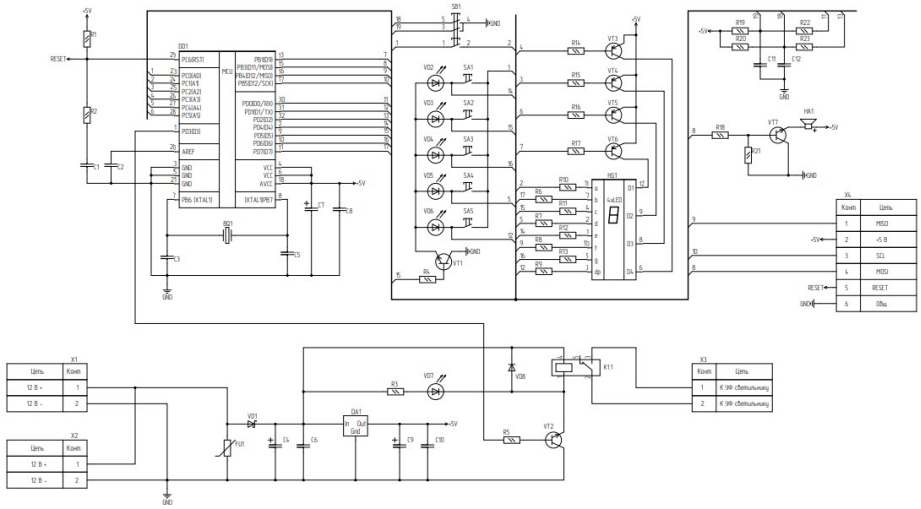


Рис. 1. Схема электрическая принципиальная

---

1. Иншаков, В. Таймер с памятью для УФ-лампы / В. Иншаков – «Радио» №7, 2019. – С. 28–33.

УДК 004.415.25

ЦАРЬКОВ А.С., ЛЕОНОВ Д.Д., ФЕДОРОВ В.М.

РАЗРАБОТКА ВЕБ-ОРИЕНТИРОВАННОГО ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ»

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Современные образовательные стандарты требуют от преподавателей поиска новых форм организации учебного процесса, способных обеспечить качественную подготовку специалистов. Особую актуальность эта задача приобретает в инженерных дисциплинах, где

важную роль играет лабораторный практикум. Традиционные форматы проведения лабораторных работ, представленные в виде статических PDF-документов, не всегда отвечают требованиям доступности и гибкости современного образования [1, с. 35]. Дисциплина «Теория управления» является фундаментальной для подготовки инженеров различных специальностей, однако существующие методические материалы зачастую не позволяют студентам оперативно взаимодействовать с контентом, проверять свои знания и получать обратную связь. Особую сложность представляет корректное отображение математических выражений, составляющих основу теоретического материала.

В связи с этим целью исследования стала разработка и апробация веб-ориентированного образовательного комплекса, объединяющего полный курс лабораторных работ по теории управления с системой автоматизированной проверки знаний. Разработанный веб-ресурс включает восемь лабораторных работ, посвященных исследованию частотных характеристик, устойчивости систем, коррекции регуляторов и другим разделам курса. Особенностью практикума является интеграция с оборудованием Quanser (манипулятор RotaryFlexibleLink, платы для NI ELVIS), что позволяет студентам не только осваивать теоретические основы, но и проводить серьезные инженерные исследования на современном оборудовании [2].

Техническая реализация ресурса выполнена с использованием современных веб-технологий. HTML5 применяется для построения семантически верной структуры пользовательского интерфейса, включая главную страницу со списком работ и страницы каждой лабораторной работы. CSS3 отвечает за создание адаптивного визуального дизайна, обеспечивающего комфортное отображение на различных устройствах (ПК, планшеты, смартфоны). JavaScript (ES6+) является ядром интерактивной части приложения, обеспечивая работу системы тестирования, обработку пользовательских ответов, подсчет результатов и взаимодействие с локальным хранилищем для сохранения прогресса. Ключевым компонентом для корректного отображения математических формул является библиотека MathJax, которая отображает LaTeX-разметку, сохраняя исходный вид уравнений и их нумерацию. Архитектура приложения реализована по модульному принципу, где функциональность разделена между независимыми компонентами (отображение лабораторных работ, система тестирования, модуль навигации), что повышает сопровождаемость и упрощает дальнейшее расширение системы.

Тестовая часть включает несколько типов заданий: выбор правильного ответа, ввод текста, вопросы с изображением схем. После отправки система сразу показывает результат и количество верных ответов. Вопросы подобраны так, чтобы охватить ключевые моменты темы, что помогает лучше запомнить материал. Система автоматически подсчитывает количество правильных ответов и отображает результат, позволяя студенту самостоятельно оценить уровень усвоения материала [3, с. 53]. Для успешной интеграции разработанного ресурса в образовательный цикл был предложен стандартный сценарий 90-минутного занятия с распределением времени по этапам [4].

Практическая апробация ресурса в учебном процессе показала его эффективность: студенты быстрее осваивают теоретический материал, сокращается количество организационных вопросов, повышается качество оформления отчетов. Наблюдения за учебным процессом показали, что интерес к лабораторным работам возрос, студенты стали задавать меньше организационных вопросов, отчеты выглядят более структурированными. По сравнению с традиционными методическими средствами, ресурс выигрывает за счет практичности и интерактивности. Разработанный практикум может быть рекомендован для использования в технических вузах при подготовке инженеров по направлениям, связанным с автоматизацией и управлением.

Библиографический список

1. Миронова, С.В. О проблемах применения Web-технологий в образовании / С.В. Миронова, С.В. Напалков // Современные Web-технологии в цифровом образовании: значение,

возможности, реализация: сборник статей. – Арзамас: Арзамасский филиал ННГУ, 2019. – С. 35-49.
2. Копосов, А.С. Применение робототехники в промышленности и образовании / А.С. Копосов, М.И. Коновалова // Социально-экономические и технические проблемы оборонно-промышленного комплекса: история, реальность, инновации: Межвузовский сборник статей по материалам V Всероссийской научно-практической конференции. – Арзамас: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2018. – С. 172-176.
3. Пакшина, Н.А. Исследование целесообразности применения игровых технологий обучения в высшем образовании / Н.А. Пакшина, Ю.П. Емельянова // Информатика и образование. – 2016. – № 2. – С. 53-55.
4. Пакшина, Н.А. Опыт проведения аудиторных занятий с использованием геймификации / Н.А. Пакшина, Ю.П. Емельянова, Ю.Ю. Веренкова // Современные Web-технологии в цифровом образовании: значение, возможности, реализация: Сборник статей. – Арзамас: Арзамасский филиал ННГУ, 2019. – С. 422-425.

УДК 621.31

ШАРАФЕТДИНОВ М.В.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОДУЛЕЙ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ И КОНТРОЛЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПРОВЕРКИ ГИРОСТАБИЛИЗАТОРОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,
Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Гиростабилизаторы являются ключевыми элементами систем ориентации подвижных объектов. Их выходные параметры и долговременная стабильность должны контролироваться на всех этапах производства. Для автоматизации этого процесса используются специализированные системы контроля [1]. В рамках работы была поставлена цель разработать два модуля для построения автоматизированной системы проверки гиростабилизаторов.

Анализ требований к проверяемым изделиям показал, что система контроля должна обеспечивать: стабилизированное питание датчиков угла (два симметричных канала напряжением 10 В с погрешностью не хуже 0,2%), питание логических цепей (+5 В), мощное питание (+27 В) для гиромотора и цепей управления, а также гальваническую развязку и коммутацию измерительных и управляющих сигналов. Для решения этих задач спроектированы два модуля, конструктивно выполненных на печатных платах размером 101,6×134 мм.

Первый модуль является силовым. Он содержит входные фильтры, релейные элементы и схемы формирования первичных напряжений. На его плате установлены диодные сборки, стабилитроны и конденсаторы большой емкости, обеспечивающие защиту от перенапряжений и импульсных помех. Второй модуль отвечает за логику управления и прецизионные измерения. В его состав входят операционные усилители и микросхемы логики, формирующие управляющие сигналы для следящих систем гиростабилизатора и производящие первичную обработку сигналов с его датчиков угла. Платы выполнены по 3-му классу точности из стеклотекстолита СФ-2-35-1,5, с двусторонним монтажом, металлизированными переходными отверстиями и защитной паяльной маской [3]. Топология печатных плат разработана с учетом разделения силовых и сигнальных цепей, что обеспечивает электромагнитную совместимость модулей [4].

Разработанные модули интегрированы в состав автоматизированной системы контроля. Проведенные испытания подтвердили их работоспособность. Силовой модуль обеспечивает стабильную коммутацию цепей и питание гиромотора с уровнем пульсаций не более 50 мВ, а измерительный модуль — требуемую точность формирования и измерения сигналов. Вне-

дрение данных модулей позволило полностью автоматизировать процесс проверки гиростабилизаторов, сократить время контроля и повысить его достоверность за счет исключения человеческого фактора [2].

Разработанные конструктивные решения могут быть использованы в качестве базовых при построении испытательного оборудования для других типов инерциальных датчиков и систем.

Библиографический список

1. Борисов В.Ф., Мухин А.А., Митюшин М.Ф. Проектирование РЭС: учебное пособие. – М.: МАИ-ПРИНТ, 2018. – 96 с.
2. Пирогова Е.В. Проектирование и технология печатных плат: учебник. – М.: ФОРУМ-ИНФРА-М, 2012. – 560 с.
3. ГОСТ 23751-86. Платы печатные. Основные параметры конструкции // Электронный фонд нормативно-технической документации. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200008481 (дата обращения: 15.04.2026).
4. ГОСТ Р 56423-2015. Платы печатные. Общие технические требования // Электронный фонд нормативно-технической документации. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200125957 (дата обращения: 15.04.2026).

УДК 621.31

ШЕЛУДЬКО Е.В.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЯ УРОВНЯ ПУЛЬСАЦИЙ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им Р.Е. Алексеева

Сегодня нас окружают многочисленные источники искусственного освещения. Их влияние на здоровье человека становится всё более актуальной темой исследований. Установлено, что пульсации света с частотой до 300 Гц воспринимаются органами зрения и центральной нервной системой человека и могут провоцировать утомляемость и головные боли [1]. Для объективной оценки качества световой среды разработан измеритель уровня пульсаций искусственного освещения, который позволит быстро и качественно выполнить замеры частоты мерцания источников света.

Устройство работает следующим образом. Датчик освещённости TEMT6000 преобразует пульсации света в электрический сигнал, который в дальнейшем обрабатывается микроконтроллером. Угол чувствительности выбранного датчика составляет ±60°, спектральный диапазон находится в пределах 440-800 нм. Основной пик чувствительности соответствует максимальной чувствительности человеческого глаза и составляет 570 нм.

Микроконтроллер ATMEGA328P обрабатывает полученный сигнал, рассчитывает коэффициент пульсаций и формирует данные для индикации измеренных значений.

Индикация данных осуществляется с помощью OLED-дисплея SSD1306 с разрешением экрана 128×64 точек. На дисплее отображается информация о максимальном и минимальном коэффициенте пульсаций, их частоту и заряд встроенного аккумулятора.

Разработанный модуль измерителя пульсаций представлен на рис. 1. Все функциональные узлы измерителя расположены на одной плате [2].

Корпус измерителя выполнен из пластика АБС-0809-30. На корпусе располагаются модуль измерения, OLED-дисплей и два Li-Ion аккумулятора типоразмера AAA.

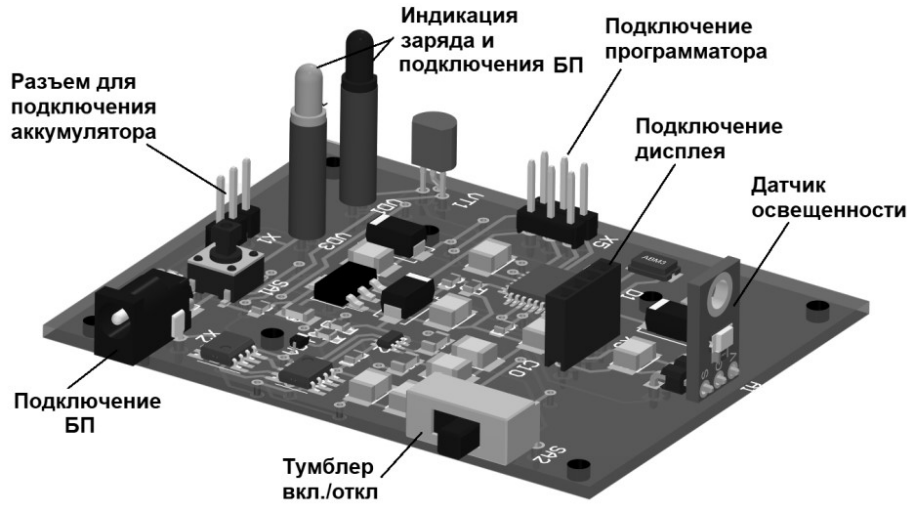


Рис.1. Модуль измерителя уровня пульсаций искусственного освещения

Библиографический список

1. Менумеров Р. М. Пульсация освещённости как негативный фактор световой среды // Строительство и техногенная безопасность. 2019. № 16(68). С. 149-152.
2. Лопаткин, А. Проектирование печатных плат в AltiumDesigner. – ДМК Пресс, 2016. – 400 с.

УДК 49.27.31

ЩЕРБАКОВА М. А.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОДУЛЯ СОГЛАСОВАНИЯ ЦИФРОВОЙ РАДИОСТАНЦИИ

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им Р.Е.Алексеева

Современные энергетические и нефтегазовые предприятия оборудованы диспетчерскими пунктами с системой коллективного отображения информации, внедрена автоматизированная система диспетчерского управления объектами. Это улучшило подконтрольность и позволило применить единый подход к функционированию диспетчерских служб во всей отрасли.

Использование цифровой системы радиосвязи на предприятии дает много плюсов, такие как увеличение зоны покрытия, увеличение пропускной способностина существующих каналах с полосой 12,5кГц в два раза, улучшенное качество передачи голоса за счёт цифровой обработки сигнала и т.д[1]. Все эти системы работают по клиент-серверной архитектуре, это означает, что диспетчер (оператор) со своего рабочего места должен подключится к серверу, через клиентское программное обеспечение. Количество подключений строго ограничивается лицензией. В каждой такой системе есть каналы связи Ethernetони подключают каждый ретранслятор к серверу. Количество подключений строго ограничивается лицензией. Желание лицензировать каждый параметр системы сковывает ее развитие. Увеличение подключений, требует дополнительных денежных вливаний. Из большого количества функций реализованных и продаваемых через лицензию, рассмотрим один –звукозапись.

В основе предлагаемого решения проблемы записи и прослушивания диспетчерских переговоров, лежит разработка модуля согласования цифровой радиостанции и цифрового аудио регистратора. В этом случае, на каждом региональном диспетчерском пунктом будет

возможность оперативно прослушать имеющиеся переговоры. Уже не требуются дополнительные лицензии для подключения клиентов к серверу, всегда есть доступ к аудиоинформации, с микрофона радиостанции сразу все пишется на жесткий диск цифрового аудио регистратора. В случаях использования прямых каналов (без использования ретранслятора) все разговоры будут записаны цифровым аудио регистратором [2].

Библиографический список

1. «Professionaldigitaltwo-wayradiosystem MOTOTRBO™ systemplaner, 2012.
2. «Руководство диспетчера Radiusip». Настоящий документ описывает продукт, разработанный ООО «Элком+». Официальный веб-сайт продукта -elcomplus.ru/ru/service/dmr-sistemy-radius-ip/.

УДК 621.382

ЩЕРБАКОВА П.М., АРХИПОВА А.В.

ПУРПУРНАЯ ЧУМА

Арзамасский политехнический институт (филиал НГТУ им. Алексеева)

«Пурпурная чума» – термин, который описывает проблему микроэлектроники 60-70-х годов. Это явление, связанное с образованием хрупкого интерметаллического соединения на стыке золота и алюминия [1]. Соединение $AuAl_2$ имеет ярко-пурпурный цвет, из-за чего и имеет такое название. После публикаций инженера Говарда Блэра, вышедших в 1967 году, этот термин стал широко использоваться среди специалистов.

Появляется при нагреве свыше 1000°C, близких к температуре плавления золота, что характерно для микросварки и работы электронных компонентов. $AuAl_2$ состоит из 78,5% золота и 21,5% алюминия по массе. При снижении температуры до 624°C пурпурная чума может переходить в еще более хрупкое соединение – коричневую фазу Au_2Al.

В электронной промышленности это явление считается серьезной проблемой, так как образование $AuAl_2$ вызывает рост электрического сопротивления и приводит к разрушению микросварных контактов и выходу из строя электроники.

Для решения этой проблемы в отрасли были пересмотрены следующие технологические подходы[2]:

1) вместо традиционной разварки стали использовать алюминий;
2) внедрили диффузные барьерные слои между золотом и алюминием;
3) в ряде случаев полностью отказались от сочетания Au – Al, выбирая более надежные комбинации материалов.

Опыт борьбы с «пурпурной чумой» до сих пор служит важным уроком для инженеров и материаловедов: тщательный анализ совместимости материалов и контроль технологических процессов остаются залогом качества и долговечности современной электроники.

Библиографический список

1. Иванов-Есипович, Н.К. Физико-химические основы производства радиоэлектронной аппаратуры: учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп./ Н.К. Иванов-Есипович // М.: Высш. школа, 1979. – 205 с.
2. Eastbond. – URL: https://eastbond.ru/articles/purple-plague/

УДК 004.4

ЮНЮШКИН С.В.[1], ТИХОНОВ Н.А.[2], АВДЕЕВА А.А.[2]

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КЛИЕНТ-СЕРВЕРНОЙ АРХИТЕКТУРЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ЗАКАЗОВ В ОБЩЕСТВЕННОМ ПИТАНИИ

[1]Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ,
[2] Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

В работе исследуется влияние архитектурных решений на эффективность обработки заказов в мобильных приложениях для предприятий общественного питания. Актуальность исследования обусловлена необходимостью оптимизации взаимодействия между клиентом, исполнителем и системой без участия промежуточного диспетчерского звена, что напрямую влияет на скорость выполнения заказа, прозрачность сервиса и экономические показатели заведения.

Традиционная схема обслуживания характеризуется обязательным участием оператора-контроллера, который вручную принимает, подтверждает и передаёт заявки исполнителям. При таком подходе процесс сопровождается задержками обработки, рисками искажения информации при устной передаче и ростом операционных издержек на персонал. В условиях высокой нагрузки время выполнения заказа увеличивается, а качество сервиса становится зависимым от человеческого фактора.

С переходом на клиент-серверную архитектуру с автоматическим подтверждением заявок происходит исключение диспетчерского звена. На основе *UML*-нотаций формализованы сценарии выбора блюд, оформления заказа, уведомления курьера о готовности и подтверждения доставки. Это позволяет перевести обработку в автоматический режим, сократить цикл выполнения заявки за счёт устранения ручных операций и минимизировать риск ошибок.

Однако полная автоматизация процесса имеет технические ограничения. При росте числа одновременных сессий возрастает нагрузка на серверную инфраструктуру и каналы синхронизации статусов. Отсутствие промежуточного контроллера требует высокой надёжности обмена данными между клиентом и курьером: при рассинхронизации состояний возможно расхождение информации о выполнении заказа, что снижает доверие пользователей и требует дополнительной валидации транзакций.

Проведённый анализ показывает, что при ручном управлении эффективность сервиса ограничена пропускной способностью операторского звена. При внедрении автоматизированной модели наблюдается рост скорости обработки и снижение затрат. Однако дальнейшее масштабирование платформы требует балансировки между частотой обновления статусов, стабильностью соединения и объёмом обрабатываемых данных, чтобы время отклика системы не превышало допустимых норм.

Таким образом, при проектировании цифровых платформ необходимо учитывать компромисс между скоростью автоматической обработки транзакций, надёжностью уведомления исполнителя и допустимой нагрузкой на сервер. Рациональным является архитектура с асинхронной обработкой фоновых процессов и резервированием каналов связи, обеспечивающая стабильную работу при заданной интенсивности потока заказов.

Полученные модели могут быть использованы при проектировании и тиражировании мобильных систем заказа для предприятий общественного питания с численностью активной аудитории до 1000 пользователей, а также служить методической основой для оптимизации бизнес-процессов в смежных сферах клиентского сервиса.

УДК 004.6

ЮНЮШКИН С.В.[1], ТИХОНОВ Н.А.[2], АВДЕЕВА А.А.[2]

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕХОДА К ЭЛЕКТРОННОМУ УЧЁТУ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ДОШКОЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ

[1]Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ,
[2] Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

В работе исследуется влияние архитектурных решений информационных систем на эффективность административно-хозяйственного учёта в дошкольных образовательных учреждениях. Актуальность обусловлена необходимостью оптимизации процессов фиксации посещаемости, ведения медицинской документации и контроля финансовых операций, поскольку переход от бумажного документооборота к цифровым платформам влияет на скорость обработки данных, достоверность отчётности и экономические показатели учреждения.

Традиционная система учёта в дошкольных образовательных учреждениях (ДОУ) характеризуется ручным ведением журналов на бумажных носителях объёмом до 100 страниц каждый. При таком подходе формирование месячной отчётности занимает до 50 минут, поиск информации осуществляется методом перебора документов, а риск их утраты остаётся высоким. В условиях обязательного пятилетнего хранения архивов данные ограничения становятся критическими для масштабируемости управленческих процессов.

С внедрением клиент-серверной архитектуры с облачным хранением данных и ролевой моделью доступа происходит автоматизация ключевых операций. На основе *UML*-нотаций и методологий *IDEF*0, *DFD, IDEF*3 формализованы сценарии ввода данных, поиска информации и разграничения прав для трёх автоматизированных рабочих мест. Это позволяет сократить время поиска записей до 5 секунд, обеспечить централизованное хранение объёмом не менее 50 Гб и исключить дублирование информации.

Однако автоматизация имеет технические ограничения. При росте числа одновременных запросов возрастает нагрузка на серверные каналы и повышается вероятность конфликтов при синхронизации записей. Устранение ручного контроля требует высокой надёжности транзакционных механизмов и резервного копирования: при рассинхронизации состояний возможно расхождение данных о посещаемости и оплатах, что требует внедрения асинхронной обработки.

Проведённый анализ показывает, что при ручном учёте эффективность обработки данных ограничена пропускной способностью персонала. При внедрении автоматизированной модели наблюдается сокращение времени формирования отчётности в десятки раз и снижение материальных затрат. Однако дальнейшее масштабирование требует баланса между частотой обновления статусов, стабильностью соединения и объёмом хранимых данных, чтобы время отклика системы не превышало 5 секунд при коэффициенте готовности не ниже 0,99.

Таким образом, при проектировании цифровых платформ для ДОУ необходимо учитывать компромисс между скоростью автоматической обработки транзакций, надёжностью облачной синхронизации и допустимой нагрузкой на инфраструктуру. Рациональным является архитектура с асинхронным резервированием, строгим ролевым доступом и транзакционным управлением данными.

Полученные модели могут быть использованы при проектировании информационных систем для дошкольных учреждений с численностью воспитанников до 200 человек и объёмом базы данных до 50 Гб, а также служить методической основой для оптимизации учётных процессов в смежных сферах образования.

УДК 681.518

ЮНЮШКИН С.В.[1], ТИХОНОВ Н.А.[2], АВДЕЕВА А.А.[2]

АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОПОВЕЩЕНИЯ И ПРОСМОТРА ШКОЛЬНОГО РАСПИСАНИЯ ДЛЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ

[1]Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ,
[2] Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

В работе рассматриваются анализ и моделирование автоматизированной системы для оперативного информирования и навигации по расписанию занятий в общеобразовательных учреждениях. Для школ среднего звена переход от бумажных стендов к цифровым платформам является ключевым этапом цифровой трансформации, поскольку он напрямую влияет на скорость доступа к информации, достоверность данных и организацию учебно-воспитательного процесса.

Существующая бумажная система информирования представляет собой стационарный стенд с ручным обновлением данных. При традиционном формате учащиеся и педагоги затрачивают 30-60 секунд на поиск нужной информации, изменения вносятся с задержками, а отсутствие системы поиска и санкционированного доступа создаёт риск несанкционированных правок и снижает оперативность реагирования на изменения в учебном процессе.

С внедрением автоматизированной навигации и *PUSH*-уведомлений происходит переход к непрерывному цифровому каналу связи. Это обеспечивает мгновенную доставку информации об изменениях всем участникам образовательного процесса (до 1000 активных пользователей) и позволяет осуществлять быстрый поиск по классам, предметам и преподавателям. В результате повышается прозрачность планирования, сокращаются временные затраты на получение информации, а контроль изменений закрепляется исключительно за уполномоченным администратором.

Однако рост количества одновременных запросов и частоты рассылки уведомлений имеет и технические ограничения. При высокой нагрузке возрастает потребление серверных ресурсов и нагрузка на каналы связи, что может привести к задержкам обработки запросов. Для поддержания стабильности работы требуется оптимизация архитектуры базы данных и настройка ограничений на частоту *PUSH*-рассылок, чтобы время отклика системы не превышало 3 секунд, а полный сценарий оповещения укладывался в 8 секунд.

Проведённый анализ показывает, что при отсутствии автоматизации эффективность информирования ограничена физическими и организационными барьерами бумажного носителя. При внедрении веб/мобильного интерфейса, локального приложения администратора и классической авторизации наблюдается рост оперативности и безопасности данных. Однако дальнейшее масштабирование системы требует балансировки между скоростью доставки уведомлений и пропускной способностью серверной инфраструктуры, чтобы избежать перегрузок в часы пиковой активности.

Таким образом, при проектировании подобных информационных платформ необходимо учитывать компромисс между скоростью оповещения, удобством навигации и допустимой нагрузкой на технические средства. Рациональным решением является умеренная частота обновлений в сочетании с оптимизированной моделью данных, обеспечивающая стабильную работу при заданном количестве пользователей.

Полученные модели могут быть использованы на этапе программной реализации и тиражирования информационных систем оповещения в общеобразовательных учреждениях различного масштаба, а также служить методической основой для проектирования аналогичных платформ в сфере дополнительного и профессионального образования.

Подсекция 1.3

Телекоммуникации

УДК 004.942

АНДРИАНОВА В.В., СКРИПНИК К.И.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПОИСКА ПОДВИЖНОГО ОБЪЕКТА НА ДВУМЕРНОЙ СЕТКЕ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В условиях чрезвычайных ситуаций поиск потерявшихся людей представляет собой важную задачу, требующую минимизации времени обнаружения при ограниченных ресурсах. Беспилотные воздушные суда (БВС) становятся ключевым инструментом для решения подобных задач [1]. Их эффективность напрямую зависит от применяемых методов и алгоритмов поиска. Целью исследования является повышение эффективности поиска объектов за счет выбора стратегии поиска (количество агентов и траектория движения).

Для решения поставленной задачи разработана имитационная модель, в которой область поиска представлена двумерной прямоугольной сеткой. В соответствии с принятой моделью случайного движения искомый объект перемещается в смежные клетки с заданной вероятностью. Агенты осуществляют детерминированный обход области поиска по предопределенным маршрутам (траекториям). Обнаружение фиксируется при совпадении координат агента и объекта. Поиск завершается либо при обнаружении объекта, либо при полном обследовании всей области поиска (обходе всех клеток сетки).

Разработанное программное обеспечение (ПО) включает два программных комплекса для визуализации поиска и статистического моделирования. Программа визуализации демонстрирует процесс поиска в графическом интерфейсе. На главном окне на сетке области поиска отображаются положения объекта и агента или агентов. Пользователю доступны кнопки управления для запуска, остановки и возобновления процесса поиска. Программа статистического моделирования выполняет серию экспериментов для каждой клетки области поиска, определяющей стартовое положения объекта. Для каждого начального положения объекта рассчитываются три показателя эффективности: вероятность обнаружения, среднее модельное время обнаружения, нормированная средняя длина пути. Результаты моделирования сохраняются в текстовых файлах, а также выводятся на экран.

Получены результаты моделирования для случаев поиска подвижной цели с участием одного или двух агентов. Поиск одним агентом осуществлялся на выбор по одной из двух траекторий движения: «змейка» или «спираль». Полученные в результате моделирования зависимости значений показателей от параметра подвижности объекта свидетельствуют, что для медленно перемещающихся объектов траектория «змейка» превосходит «спираль» по вероятности обнаружения, поэтому эта стратегия выбрана в качестве основной.

Для двух агентов реализованы стратегии синхронного (параллельного) поиска в независимых зонах и группового совместного обхода области поиска. Результаты моделирования свидетельствуют, что при использовании двух агентов параллельный поиск обеспечивает б*о*льшую вероятность обнаружения для малоподвижных объектов, тогда как групповой поиск предпочтителен для высокоподвижных объектов. Переход от одного к двум агентам обеспечивает прирост вероятности обнаружения примерно на 10%, двукратное сокращение среднего времени обнаружения и уменьшение нормированной длины пути на 5%.

Разработанное ПО может быть применено для обоснования выбора стратегии поиска при планировании поисково-спасательных операций с использованием БВС.

---

1. Топольский, Н.Г. Методика планирования поисково-спасательных работ в природной среде / Н.Г. Топольский, Д.С. Береснев, А.А. Рыженко, А.В. Мокшанцев // Технологии техносферной безопасности. – 2016. – № 3 (67). – С. 165-169.

УДК 004.5

БАРАНОВ Д.В.

ПОДХОД К ПРОЕКТИРОВАНИЮ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ РАЗРАБОТЧИКОВ, ОСНОВАННЫЙ НА ЖИВУЧЕСТИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Виртуальные организации (ВО) как форма сетевого бизнеса, лишенная жесткой иерархии и географической привязки, являются одним из наиболее продуктивных результатов цифровой трансформации. Их гибкость и адаптивность исторически обеспечивались широким спектром программных решений: от систем управления взаимоотношениями с клиентами (CRM) и планирования ресурсов предприятия (ERP) до специализированных инструментов для сотрудничества и аналитики. Однако растущая сложность управления этим многообразием приложений подталкивает менеджмент к поиску универсального решения.

Современные генеративные и предиктивные ИИ-системы позиционируются как универсальные платформы, способные заменить собой множество традиционных программ. Теоретически, единый ИИ-агент может обрабатывать коммуникации, планирование, логистику, анализ данных и принятие решений. Эта тенденция приводит к возникновению рискованной стратегии — полного отказа от программного «плюрализма» в пользу монолитной ИИ-системы.

Основной гипотезой является утверждение, что такая стратегия, вопреки ожиданиям повышения эффективности, кардинально увеличивает уязвимость ВО к сбоям и кибератакам.

Программная избыточность — это преднамеренное дублирование критически важных функций в системе с целью повышения её надежности и отказоустойчивости. В традиционной ИТ-архитектуре ВО отказ одного компонента (например, сервера электронной почты) не парализует всю организацию, так как другие каналы связи (мессенджеры, системы телеконференций) и системы продолжают функционировать.

Внедрение монолитной ИИ-системы уничтожает эту избыточность по своей сути. Все процессы организации начинают зависеть от единственной платформы. Это создает единую точку отказа (SinglePointofFailure — SPOF). Последствия могут быть следующими:

1. Ошибка в алгоритме, сбой аппаратного обеспечения сервера или ошибка в ядре ИИ приведет к полному срыву операций ВО.
2. ИИ-модель, обученная на смещенных (предвзятых) или нерепрезентативных данных, может начать принимать нерациональные решения.
3. Унификация под одно ИИ-решение нивелирует это разнообразие подходов, что в долгосрочной перспективе может сделать организацию ригидной и неспособной к адаптации.

Безопасность в такой парадигме не усиливается, а напротив, становится более хрупкой. Атака на монолитную информационную систему эквивалентна атаке на всю организацию сразу.

Предложен подход, основанный на совмещении принципов построения отказоустойчивых систем (использование распределенных вычислений, программное управление восстановлением), мягких экспертных систем (использующих нечеткую логику, вероятностные рассуждения, сочетание шагов вывода по нечётким продукциям с шагами многокритериального выбора решения) систем коллективного интеллекта (использование краудсорсинга, обеспечивающего комбинацию знаний и умений).

УДК 004.052.4

БАРТИЕВ А.А., СИДОРОВА Е.В.

АВТОМАТИЧЕСКОЕ ИСПРАВЛЕНИЕ ОПЕЧАТОК В СИСТЕМЕ ПОИСКОВЫХ ЗАПРОСОВ С УЧЕТОМ КОНТЕКСТА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В современных информационных системах поиск является ключевым механизмом взаимодействия пользователя с данными. Однако эффективность поисковых систем существенно снижается из-за наличия опечаток и ошибок в пользовательских запросах. Такие ошибки могут приводить к нерелевантной выдаче, увеличению времени поиска информации и ухудшению пользовательского опыта. Особенно актуальной данная проблема становится в условиях роста объёмов данных и увеличения числа пользователей, не обладающих высокой цифровой грамотностью.

Существующие методы исправления опечаток в поисковых системах, как правило, опираются на словарные или статистические подходы, которые не всегда учитывают контекст запроса. Это приводит к ситуациям, когда формально корректное исправление оказывается семантически неверным. В связи с этим возникает необходимость разработки более интеллектуальных решений, способных анализировать не только отдельные токены, но и их взаимосвязи в рамках запроса.

Целью данного исследования является разработка интеллектуального программного агента, интегрируемого в существующую поисковую систему, предназначенного для автоматического обнаружения и исправления опечаток в пользовательских запросах с учётом контекста. Предлагаемый агент реализуется в виде серверного модуля, не требующего изменения пользовательского интерфейса и не накладывающего дополнительных действий на пользователя.

Особое внимание уделяется использованию языковых моделей для анализа контекста. В отличие от классических подходов, такие модели позволяют учитывать семантические связи между словами, что значительно повышает точность исправлений.

Архитектурно система строится на основе микросервисного подхода. Серверная часть агента реализуется с использованием среды Node.js, обеспечивающей обработку пользовательских запросов и взаимодействие с поисковой системой. Модели машинного обучения и обработки естественного языка реализуются на языке Python и разворачиваются в виде отдельных сервисов. Такой подход обеспечивает гибкость, масштабируемость и возможность независимого обновления компонентов системы.

Механизм работы агента включает следующие этапы: пользователь вводит поисковый запрос, после чего он перехватывается системой и анализируется с использованием языковой модели; при обнаружении опечаток запускаются алгоритмы генерации и оценки кандидатов; на основе анализа контекста выбирается наиболее релевантный вариант, который предлагается пользователю. Важно отметить, что обработка осуществляется на этапе пост-обработки запроса, что позволяет интегрировать решение в существующие системы без изменения их архитектуры.

Ожидаемым результатом разработки является повышение релевантности поисковой выдачи, снижение количества нерезультативных запросов и улучшение пользовательского опыта. Практическая значимость работы заключается в возможности применения разработанного агента в различных поисковых системах, включая корпоративные и веб-ориентированные решения.

УДК 004.891.3

ВАСИЛЬЕВА А. Д., ЕГОРОВ Ю.С.

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ АДАПТИВНОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ В УСЛОВИЯХ ДИНАМИЧЕСКИ ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ СРЕДЫ ПРИ ЭВАКУАЦИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Обеспечение безопасной эвакуации персонала в условиях чрезвычайных ситуаций на предприятиях связано с необходимостью оперативного перепланирования маршрутов в динамически изменяющейся среде (распространение задымления, огня, обрушение конструкций и т.п). Классические алгоритмы поиска пути (например, Дейкстры и A*), широко применяемые в статических системах навигации, в условиях динамически изменяющейся среды демонстрируют высокую вычислительную нагрузку, так как требуют полного перестроения графа маршрутов при каждом изменении обстановки [1]. В связи с этим актуальной задачей является анализ адаптивных алгоритмов, способных к локальному перепланированию.

Среди адаптивных подходов к решению данной задачи выделяются инкрементальные алгоритмы семейства D* и методы роевого интеллекта. В частности, алгоритм D* Lite, базирующийся на принципах динамического перепрограммирования, позволяет существенно сократить время реакции на изменение обстановки. Его ключевое преимущество при управлении эвакуацией заключается в способности локально корректировать стоимость участков пути при возникновении препятствий, не перестраивая весь граф эвакуационных маршрутов заново [2]. Подобный механизм актуален для ситуаций, когда изменение среды затрагивает лишь ограниченный сегмент плана здания, а не всю его топологию целиком.

В качестве альтернативного подхода рассматриваются метаэвристические алгоритмы, в частности муравьиный алгоритм (ACO). Его применение для задач эвакуации обосновано децентрализованным механизмом принятия решений, что обеспечивает высокую отказоустойчивость системы при выходе из строя части сенсоров или управляющих контроллеров [3]. В отличие от D* Lite, муравьиный алгоритм изначально ориентирован на поиск путей в условиях неопределенности и зашумленных данных.

Проведенный сравнительный анализ, показывает, что алгоритм D* Lite является предпочтительным решением для задач оперативного перепланирования маршрута одиночного агента или малой группы в среде с четкой цифровой картой. В то же время муравьиные алгоритмы демонстрируют преимущество в сценариях с массовой одновременной эвакуацией, где необходимо решать проблему «пробок» и перераспределения людских потоков при глобальной блокировке основных эвакуационных выходов.

Перспективным направлением является разработка гибридных подходов, сочетающих скорость инкрементального перепланирования D* Lite и адаптивность муравьиных алгоритмов. Интеграция таких решений с системами компьютерного зрения, поставляющими данные об изменении среды в реальном времени, составляет основу для создания интеллектуальных систем управления эвакуацией.

Библиографический список

1. Самарин Д.В., Алексеев К.П. Анализ эффективности алгоритмов поиска кратчайшего пути в динамических средах применительно к задачам роботизированной эвакуации // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2023. – № 10. – С. 456-461.
2. Козлов М.А. Применение алгоритма D* Lite для навигации мобильных роботов в неизвестной среде с динамическими препятствиями // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение. – 2022. – № 4 (141). – С. 89-101.
3. Топольский Н.Г., Фирсов А.В. Моделирование эвакуации людей при пожаре на основе модифицированного муравьиного алгоритма // Пожаровзрывобезопасность. – 2024. – Т. 33, № 1. – С. 54-63.

УДК 004

ЕГОРОВ Ю.С.

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Концептуальное проектирование является начальной стадией разработки программного обеспечения (ПО), когда принимаются решения относительно конфигурации функциональных возможностей (ФВ) информационной системы (ИС), ее базовых элементов и их назначения, а также специфических элементов, присущих исключительно интеллектуальным информационным системам (ИИС).

Конфигурацию ИИС $\mathbf{c}$ предложено задавать векторами $\mathbf{x}_1,\ldots,\mathbf{x}_M$ и $\mathbf{y}_1,\ldots,\mathbf{y}_N$, определяющими состав базовых и дополнительных ФВ, реализуемых посредством основных и опциональных элементов. При этом $x_{m,h} = 1$, если для m-го основного элемента выбран h-й вариант реализации, $x_{m,h} = 0$ в противном случае; $y_{n,b} = 1$, если для n-го опционального элемента выбран b-й вариант реализации, $y_{n,b} = 0$ в противном случае.

На рис. 1 представлено морфологическое дерево конфигураций, описывающее иерархический состав ИИС.

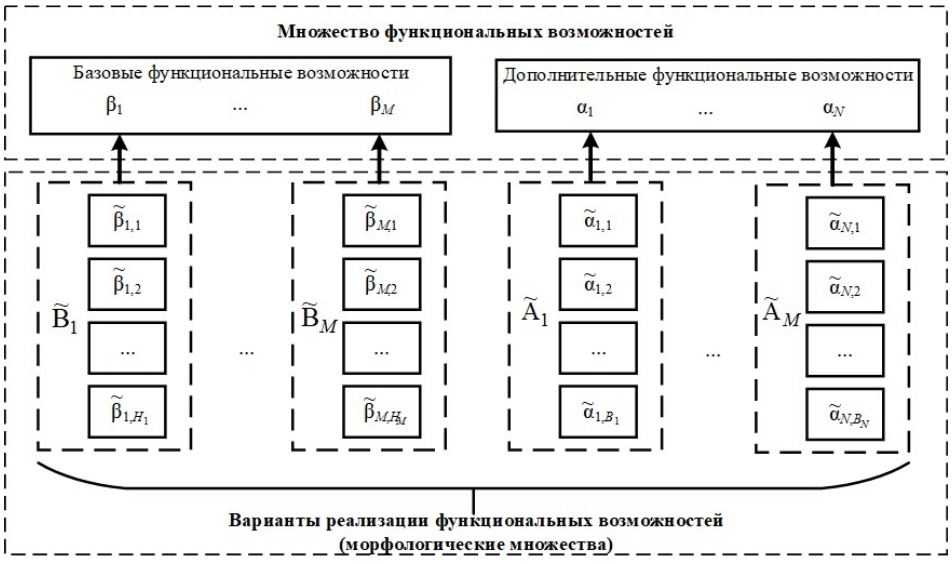


Рис. 1. Морфологическое дерево конфигураций ИИС

На рис. 1 базовые ФВ обозначены – β_m, дополнительные – α_n, варианты реализации $\tilde{\beta}_{m,h}$ и $\tilde{\alpha}_{n,b}$ в совокупности составляют морфологические множества, обозначенные пунктирными линиями. Варианты реализации базовых и дополнительных ФВ в составе ИИС характеризуются значениями полезности $u_{\mathrm{B}m,h}$ и $u_{\mathrm{A}\,n,b}$, а также трудоемкостями $T_{\mathrm{B}m,h}$ и $T_{\mathrm{A}n,b}$, которые рассматриваются как случайные величины.

В представленном на рисунке 1 иерархическом составе ИИС не учитывается, что в общем случае ФВ могут быть связаны друг с другом. Предложенная концептуальная модель ИИС отображает также и системные зависимости, в то время как морфологическое дерево конфигураций ИИС представляет собой «частную» концептуальную модель ИИС.

Библиографический список

1. Егоров Ю.С. Подход к принятию концептуальных решений при проектировании интеллектуальных информационных систем // Тезисы докладов XXI Всероссийской научной конференции «Нейрокомпьютеры и их применение». – М: МГППУ. 2023. С. 75.
2. Егоров Ю.С. Поддержка принятия решений при концептуальном проектировании интеллектуальных информационных систем // Сборник материалов XXIII Всероссийской молодежной научно-технической конференции «Будущее технической науки». − Н. Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2024. С. 66-67.

УДК 004

ЕГОРОВА А.А., ЕГОРОВ Ю.С.

ПРОГРАММНАЯ НАДСТРОЙКА НАД АСУ ТП ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

Основная сложность при системном анализе аспектов кибербезопасности АСУ ТП АЭС связана с наличием уязвимостей в самой системе управления. Эти уязвимости способны привести к ущербу в случае реализации угроз кибербезопасности или возникновения киберинцидентов.

При рассмотрении вопросов кибербезопасности АСУ ТП в качестве объекта защиты выступает сама АСУ ТП, а предметом защиты (т.е. защищаемым процессом) является её функционирование.

Кибербезопасность, как и киберпространство, может быть описана через триаду сущностей, определяемых в разрезе составных частей киберпространства:

−информационные ресурсы (включая системы обработки информации и передаваемые данные);

−компьютерная и сетевая архитектуры (инфраструктура);

−способы взаимодействия (человеко-машинное и межсистемное).

Цель системного анализа кибербезопасности АСУ ТП — обеспечить безопасное и защищённое функционирование АСУ ТП (без ухудшения технических показателей качества работы) в условиях возможных кибератак.

В качестве ключевых показателей системного анализа предлагается рассматривать:

−риски кибербезопасности АСУ ТП (показатель, отражающий уровень кибербезопасности);

−технические и эксплуатационные характеристики АСУ ТП;

−затраты на создание и эксплуатацию (включая обслуживание и модернизацию) системы защиты АСУ ТП.

Главной задачей является обеспечение защищенности АСУ ТП в условиях возможных кибератак при выполнении вышеизложенных критериев, что возможно за счет создания надстройки над АСУ ТП, которая должна:

−предотвращать либо снижать до допустимого уровня риски кибербезопасности АСУ ТП;

−не влиять на характеристики АСУ ТП либо снижать их влияние до допустимого уровня;

−сокращать до приемлемого уровня затраты на создание и эксплуатацию (включая обслуживание и модернизацию) системы защиты.

Для поддержки указанных показателей в необходимых пределах требуется устранять уязвимости посредством применения мер защиты, что позволит обеспечить заданный уровень функциональной безопасности и стойкости по отношению к целенаправленному негативному информационному воздействию на компоненты СВУ АСУ ТП.

Библиографический список

1. Егоров Ю.С., Рындов С.Н., Вайнбаум Д.А., Исаев М.А., Смирнов А.Н., Коротышева А.А. Аспекты создания инновационных информационных систем критичных по безопасности // Научно-технический вестник Поволжья. – 2023. – № 12. – С. 251-254.
2. Акимов Н.Н., Милов В.Р., Егоров Ю.С. Элементы концептуальной модели обеспечения кибербезопасности критически важных промышленных объектов // Материалы докладов XXIV Международной научно-технической конференции, посвященной 100-летию Нижегородской радиолаборатории «Информационные системы и технологии» (ИСТ-2018). – Н. Новгород: НГТУ, 2018. С. 463-467.

УДК 004.416

КАРАБЕРОВ И.В., БЕЗДЕЛЁВ С.В.

РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОГО HTTP-БАЛАНСИРОВЩИКА НАГРУЗКИ С ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМОЙ ОГРАНИЧЕНИЯ ЧАСТОТЫ ЗАПРОСОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В условиях экспоненциального роста объёмов сетевого взаимодействия и усложнения архитектур распределённых вычислительных систем особую значимость приобретает задача обеспечения детерминированного и устойчивого функционирования сервисной инфраструктуры при воздействии флуктуирующих потоков запросов. Современные веб-ориентированные системы характеризуются высокой степенью неопределённости входной нагрузки, обусловленной как поведенческими особенностями пользователей, так и внешними факторами, включая пиковые обращения и недобросовестную активность. В данной связи возникает необходимость разработки комплексных механизмов, сочетающих функции балансировки нагрузки и регуляции интенсивности запросов, направленных на предотвращение деградации качества обслуживания и поддержание требуемых эксплуатационных характеристик.

Целью настоящей работы является формирование программно-алгоритмического решения, реализующего адаптивное распределение HTTP-запросов между множеством серверных узлов с одновременным применением механизмов ограничения частоты обращений на уровне клиентов. Достижение поставленной цели предполагает решение совокупности взаимосвязанных задач, включающих архитектурное проектирование системы, выбор и реализацию алгоритмов маршрутизации, разработку подсистемы мониторинга доступности узлов, а также внедрение формализованной модели контроля интенсивности входящего трафика.

Разрабатываемая система базируется на принципах модульной декомпозиции и функциональной изоляции компонентов, что обеспечивает высокий уровень расширяемости и сопровождаемости. Логическая структура включает подсистемы маршрутизации запросов, ограничения частоты обращений, конфигурационного управления и протоколирования событий. Такое построение позволяет минимизировать связанность компонентов и обеспечить независимое развитие отдельных функциональных блоков.

В качестве базового механизма распределения нагрузки используется алгоритм циклической диспетчеризации, обеспечивающий квазирегулярное распределение запросов между доступными вычислительными узлами при незначительных накладных издержках. Повышение отказоустойчивости достигается за счёт внедрения процедуры активного мониторинга состояния серверов, основанной на периодической верификации их доступности. Результаты мониторинга используются для динамической реконфигурации пула обслуживающих узлов, что позволяет исключать деградировавшие компоненты и восстанавливать их участие в обработке запросов при нормализации состояния.

Контроль интенсивности клиентских обращений реализован посредством алгоритмической модели TokenBucket, обладающей свойством сглаживания пиковых нагрузок при сохранении допустимого уровня пропускной способности. Указанный механизм обеспечивает формализованное ограничение средней скорости поступления запросов, допуская при этом ограниченные кратковременные превышения, что соответствует требованиям к обработке нестационарных потоков. Хранение состояния клиентов организовано с использованием потокобезопасных структур данных, что позволяет обеспечить корректность функционирования в условиях высокой нагрузки

Предложенное решение представляет собой интегрированную систему управления HTTP-трафиком, сочетающую механизмы балансировки и ограничения частот значимость работы заключается в возможности применения разработанного подхода при построении отказоустойчивых и масштабируемых сервисов, функционирующих в условиях динамически изменяющейся нагрузки.

УДК 004.623

ПЛАШКИН С. В., СИДОРОВА Е.В.

ЯВЛЕНИЕ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО ДРЕЙФА В ПОТОКОВЫХ ДАННЫХ

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

В условиях непрерывной генерации потоковых данных изменение их статистических характеристик во времени, известное как концептуальный дрейф, приводит к постепенной деградации прогностических моделей. Своевременное обнаружение этого явления критически важно для сохранения точности и надёжности ML – систем в реальном времени, особенно в таких чувствительных областях, как финансовый мониторинг, рекомендательные сервисы и промышленный IoT.

Концептуальный дрейф – это изменение зависимости $P(Y|X)$ между признаками и целевой переменной, приводящее к снижению качества модели. В отличие от дрейфа данных, он может проявляться при неизменном распределении входных признаков, что осложняет его своевременное обнаружение. Формально дрейф описывается следующим соотношением [1]:

$$P_t(X,Y) \neq P_{t+\Delta t}(X,Y) \quad (1)$$

где $P_t(X,Y)$ – совместное распределение в момент времени t, $P_{t+\Delta t}(X,Y)$ - совместное распределение через какой – то промежуток длительного времени Δt.

В работе [2] выделяются следующие типы концептуального дрейфа:

− ковариантный дрейф: изменение распределения данных;

− априорный дрейф: изменение распределения меток;
− фрагментарный дрейф: переход отдельных элементов между классами;
− полный дрейф: смена всех элементов одного класса на другой;
− концептуальная эволюция: появление нового класса.

Основу методологии детектирования дрейфа составляет статистический подход, основанный на выдвижении двух гипотез:

− нулевая гипотеза (H_0): обучающие и рабочие данные распределены по одинаковым статистическим законам (дрейф отсутствует).
− альтернативная гипотеза (H_1): существует статистически значимое различие между распределениями обучающих и рабочих данных (дрейф присутствует).

Для проверки выдвинутых гипотез используются разнообразные методы, основанные как на статистические (t – критерий Стьюдента, тест Колмогорова – Смирнова и д. р.), так и на методах машинного обучения (ADWIN, DDM, EDDM и д. р.) [1]. Также существуют метрики для мониторинга актуальности аналитических моделей (PopulationStabilityIndex, дивергенция Кульбака – Лейблера и д. р.).

Таким образом, можно скачать что для сохранения высокой точности моделей требуется непрерывный мониторинг потоковых данных с использованием как классических статистических критериев, так и специализированных алгоритмов детектирования. Своевременное выявление изменений позволяет оперативно адаптировать или переобучать системы, предотвращая накопление ошибок.

Библиографический список

1. Unsupervised Concept Drift Detection From Deep Learning Representations in Real-Time / S. Greco, B. Vacchetti, D. Apiletti, T. Cerquitelli // IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering. – 2025. – Vol. 37, No. 10. – P. 6232-6245. – DOI 10.1109/tkde.2025.3593123. – EDN MXZTAR.
2. Каширин, И. Ю. Коррекция ковариантного дрейфа концепции для ансамблей моделей машинного обучения / И. Ю. Каширин // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. – 2023. – № 85. – С. 44-53. – DOI 10.21667/1995-4565-2023-85-44-53. – EDN SZIIEZ.

УДК 004.5

ПЛОХОВ И.А.

МЕТОДЫ АНАЛИЗА И ОПТИМИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ ИНТЕРФЕЙСОВ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Современные веб-приложения представляют собой сложные цифровые системы, включающие большое количество экранов, разделов, навигационных переходов и функциональных элементов. По мере роста объема данных и числа пользовательских сценариев повышаются требования не только к внешнему виду интерфейса, но и к его внутренней логике, понятности и структурной согласованности. В этих условиях качество информационной структуры интерфейса становится одним из ключевых факторов эффективности взаимодействия пользователя с системой. При этом существующие подходы к оценке интерфейсов во многих случаях по-прежнему опираются главным образом на экспертный анализ, эвристики и пользовательское тестирование, что не всегда достаточно для работы со сложными и разветвленными веб-приложениями.

Основная проблема заключается в том, что информационная структура интерфейса часто формируется постепенно, по мере расширения функциональности системы. В результате возникают избыточная вложенность, дублирование разделов, нелогичная группировка элементов, слишком длинные пути к целевым действиям и несогласованность навигации. Подобные дефекты затрудняют выполнение пользовательских задач, увеличивают когнитивную нагрузку и снижают общую эффективность работы с приложением. При этом ручной анализ таких проблем требует значительных временных затрат и во многом зависит от субъективного опыта эксперта, а в случае крупных веб-систем становится особенно трудоемким и неполным [1].

В рамках работы предлагается подход к анализу и оптимизации информационной структуры интерфейсов веб-приложений, основанный на их формальном представлении в виде совокупности экранов, разделов, элементов и связей между ними. Такое представление позволяет рассматривать интерфейс не только как визуальную оболочку, но и как информационную архитектуру, поддающуюся структурному анализу. Предполагается использование системы метрик, отражающих глубину и разветвленность навигации, связность структуры, длину пользовательских маршрутов, согласованность группировки и степень избыточности отдельных фрагментов интерфейса [2].

Преимущество предлагаемого решения состоит в том, что оно позволяет перейти от интуитивной оценки интерфейса к более формализованному и воспроизводимому анализу. В отличие от исключительно экспертного подхода, структурные методы дают возможность выявлять скрытые проблемы архитектуры интерфейса еще на ранних этапах проектирования или рефакторинга. Это особенно важно для современных веб-приложений, где качество взаимодействия определяется не только отдельными экранами, но и целостной организацией переходов, разделов и сценариев использования. Практическая значимость работы заключается в возможности автоматизации аудита интерфейсов, ускорения обзора дизайна и принятия более обоснованных проектных решений.

Библиографический список

1. Федорова Д. А. Особенности проектирования интерфейсов медицинских веб-сервисов // Культура и технологии. 2025. Том 10, № 3. С. 176-181.
2. Prazina I., Becirovic S., Cogo E., Okanovic V. Methods for Automatic Web Page Layout Testing and Analysis: A Review // IEEE Access. 2023. Vol. 11. P. 13948-13964

УДК 621:004

ПОНОМАРЕНКО С.В.

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ СЕКТОРЕ РОССИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В условиях нарастающих санкций и разрывов глобальных цепочек поставок Россия стремится к технологическому суверенитету через импортозамещение в ключевых секторах. Анализ показывает, что отечественные производственные мощности растут (в некоторых сегментах, например, микроэлектроники, наблюдается двузначный прирост доли локальных компонентов), однако высокая зависимость от зарубежного оборудования (особенно из Китая) остаётся. Для достижения устойчивого развития необходимо одновременное наращивание отечественных мощностей и диверсификация поставок.

1. Наращивание внутреннего производства: Согласно анализу, отраслевых данных, Россия движется к модели «многослойного замкнутого цикла» производства. Так, в микроэлектронике доля отечественных компонентов уже выросла примерно на 11,7%. Эти сдвиги

отражают усилия по расширению локальных возможностей и уменьшению зависимости от импорта.

2. Диверсификация поставок: По-прежнему основной зарубежный партнёр – Китай, на долю которого приходится значительная часть технологического импорта. Эксперты отмечают, что доля китайских поставок постепенно снижается из-за усложнения логистики и расчётов, что стимулирует поиск альтернатив в странах Юго-Восточной Азии.

3. Перспективные направления: Отечественная промышленность концентрируется на наиболее эффективных сегментах. Приоритетными считаются микроэлектроника, современные материалы и специализированное программное обеспечение, обладающие высокой добавленной стоимостью. Малый бизнес в большей степени ориентирован на потребительские товары (бытовая химия, косметика), где проще обеспечить маржу при относительно низких технологических рисках.

4. Риски и ограничения: Ключевым ограничителем импортозамещения остаётся зависимость от импортных станков, оборудования и сырья. Это удерживает высокую себестоимость продукции и требует серьёзных инвестиций в развитие отечественного машиностроения. Устранение этих «узких мест» требует целенаправленных государственных и частных мер.

В заключение, несмотря на видимые успехи в отдельных секторах, российская технологическая отрасль всё ещё нуждается в дополнительной поддержке для достижения полного технологического суверенитета. Рекомендуется продолжать инвестировать в локальное производство критически важных компонентов и одновременно развивать системы мониторинга и диверсификации поставок. Дальнейшие исследования могут быть направлены на оценку эффективности конкретных мер по импортозамещению и поиск новых технологических партнёров.

УДК 530.145.3:004.021:004.9

СМИРНОВА А.М., СИДОРОВА Е.В.

КВАНТОВЫЙ АЛГОРИТМ ДЮРРА-ХОЙЕРА И КЛАССИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПОИСКА НЕСТРУКТУРИРОВАННЫХ ДАННЫХ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Экспоненциальный рост объемов неструктурированных данных выявляет фундаментальные ограничения классических алгоритмов поиска экстремумов, таких как линейный поиск, хэш-таблицы и B-деревья. Ключевая проблема заключается в линейной сложности классических методов поиска, что требует полного перебора данных и создает вычислительные трудности для современных систем информационного поиска при работе с большими массивами данных.

Вычислительная сложность классических алгоритмов поиска максимума: для линейного поиска линейная, для хэш-таблиц линейная с накладными расходами на построение словаря, для B-деревьев линейно-логарифмическая. В то же время квантовый алгоритм Дюрра-Хойера, основанный на идеях Гровера, обеспечивает квадратичное ускорение [1].

Для поиска в неструктурированных данных необходима их предварительная векторизация с использованием моделей для преобразования в машиночитаемые эмбеддинги (например, Word2Vec, BERT для текстов или сверточных нейронных сетей для изображений) [2]. Однако стандартный алгоритм Дюрра-Хойера требует модификации для работы с диапазоном значений, что реализуется через итеративное обновление порога и позволяет находить не только точное значение максимума, но и все его вхождения. Предложенная модификация обеспечивает корректную работу с реальными данными, где значения представлены непрерывными величинами.

Перспективным решением данной проблемы является гибридная квантово-классическая архитектура. В этой модели классический модуль выполняет предварительную обработку и векторизацию данных, а квантовый модуль на основе алгоритма Дюрра-Хойера осуществляет высокоскоростной поиск максимума. Такой подход позволяет сочетать преимущества обеих парадигм: точность классических вычислений мер схожести и квадратичное ускорение квантового поиска.

Предложенный гибридный подход является потенциалом для создания высокопроизводительных систем информационного поиска, сочетая квадратичное ускорение алгоритма Дюрра-Хойера с точностью классических вычислений. Перспективы дальнейших исследований связаны с оптимизацией архитектуры гибридного оракула и адаптацией метода для различных типов неструктурированных данных.

Библиографический список

1. Хадиев К. Р. Квантовый алгоритм для нахождения кратчайшего пути в ациклическом ориентированном графе / Хадиев К. Р., Сафина Л. И // Вестник Московского университета. Серия 15. Вычислительная математика и кибернетика. – 2019. – №1.
2. Лях, А. П. Классификация и основные алгоритмы эмбендинга в контексте больших языковых моделей / А. П. Лях // Ученые заметки ТОГУ. – 2024. – Т. 15, № 3. – С. 79-83

УДК 004

ТАБАКОВ И.В.

МОДЕЛЬ УНИВЕРСАЛЬНОГО СВИДЕТЕЛЬСТВА ДЛЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ГЕТЕРОГЕННЫХ ДАННЫХ В РОЯХ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

При функционировании роя беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) каждый дрон может быть оснащён различными типами сенсоров: оптическими камерами, тепловизорами, лидарами, газоанализаторами и др. Данные от этих сенсоров имеют разную физическую природу, единицы измерения, семантику и достоверность. Для их совместной обработки в задачах коллективного принятия решений необходима единая форма представления, которая объединяла бы как сами измеренные значения, так и всю сопутствующую метаинформацию.

Предложена модель универсального свидетельства, описываемая кортежем:

$$E_{\text{дрон}} = (v, c, t, \tau, s, p, v, \Sigma)$$

где

- v – значение (может принадлежать любому из типов V_d, Vc, V_{n_n});
- $c \in [0,1]$ – достоверность;
- t – временная метка измерения;
- τ – семантический тип (строка-идентификатор из онтологии);
- s – идентификатор источника (дрона);
- $r = (x, y, z)$ – координаты дрона в момент измерения;
- $V = (v_x, v_y, v_z)$ – скорость дрона;
- $\Sigma \in R^{3x3}$ – ковариационная матрица пространственной неопределённости (положительно полуопределённая).

Ключевым элементом модели является матрица пространственной неопределённости Σ, которая агрегирует три основных источника погрешностей, влияющих на локализацию наблюдаемого объекта:

$$\Sigma = \Sigma_{\text{дрон}} + \Sigma_{\text{сенсор}} + \Sigma_{\text{экстрап}(\Delta t)}$$

Первое слагаемое $\Sigma_{\text{дрон}}$ описывает погрешность позиционирования самого дрона (ошибки GPS/INS). Второе слагаемое $\Sigma_{\text{сенсор}}$ зависит от типа сенсора: для оптической камеры это проекция ошибки детекции в пикселях на местность, для лидара – погрешности измерения дальности и углов. Третье слагаемое $\Sigma_{\text{экстрап}(\Delta t)} = \Sigma_v \cdot \Delta t^2$ учитывает накопление неопределённости за время задержки $\Delta t = t_{\text{тек}} - t$ (где Σ_v – ковариация ошибки оценки скорости).

Семантический тип τ служит ключом для последующей интерпретации значения v и может быть организован в иерархическую онтологию (например, optical.human является подтипом optical.object, а тот – подтипом sensor_data). Это позволяет гибко настраивать правила обработки для разных категорий данных.

Предложенная модель создаёт единую основу для последующего взвешивания, семантической группировки и агрегации разнородных данных. В отличие от классических подходов [1,2], она явно учитывает: динамику источников; пространственную неопределённость; семантику данных; индивидуальную достоверность каждого измерения.

Это критически важно для роев подвижных БПЛА, где данные быстро устаревают, точность локализации варьируется, а разные типы сенсоров не могут обрабатываться одинаково.

Библиографический список

1. Hall D.L., Llinas J. Multisensor Data Fusion. – CRC Press, 2017. – 882 p.
2. Thrun S., Burgard W., Fox D. Probabilistic Robotics. – MIT Press, 2005. – 667 p.

УДК 004

ЧЕКУШЕВА А.Ю., ЕГОРОВ Ю.С., ТАБАКОВ И.В., ВАСИЛЬЕВА А.Д.

ОРГАНИЗАЦИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРОТОТИПА ПРЕДИКТИВНОГО ИГРОВОГО ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА С УСТРОЙСТВОМ ФИКСАЦИИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ИГРОКА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева
ООО «Кибернетика»

Сегодня алгоритмы игрового искусственного интеллекта (ИИ) используются лишь в контексте игрового процесса и контроля игровых механик, не учитывая эмоциональное (ЭС) и физиологическое состояния (ФС) игрока при поддержании динамики развития событий [1].

В качестве устройства фиксации ФС игрока в прототипе предиктивного игрового искусственного интеллекта **(**ПИИИ) используется смарт-браслет, подключенный по протоколу Bluetooth 4.0 к персональному компьютеру (ПК).

Как только устройства установили соединение, начинается процесс передачи метаданных GATT между ними. В зависимости от целей установки соединения в роли GATT-сервера или GATT-клиента может выступать как центральное, так и периферийное устройство.

Таким образом, BLE периферийное устройство в один момент времени может быть подключено только к одному центральному устройству. GATT-сервер никогда не отсылает данные без соответствующего запроса со стороны GATT-клиента. Уведомления и индикации – это операции, инициируемые сервером при изменении значения в базе данных.

На рис. 1 представлен процесс передачи данных от между устройствами.

Для целей ПИИИ используются два сервиса смарт-браслета: BloodPressure (давление крови) – сервис предоставляет артериальное давление и другие данные из монитора артериального давления, а также HeartRate (биение сердца) – сервис предоставляет данные о частоте сердечных сокращений и другие данные от датчика сердечного ритма.

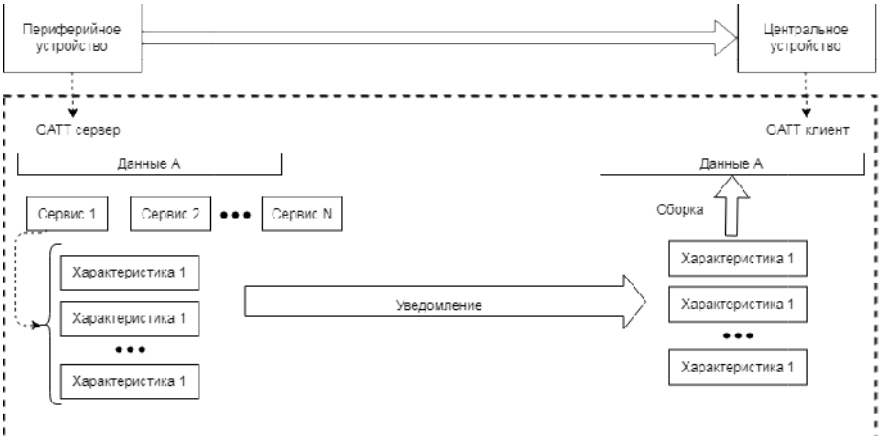


Рис.1. Процесс передачи данных

Работа выполнена при поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (договор № 11ГС1НТИС5/43265 от 06.09.2018 г.).

---

1. Чекушева (Кербенева) А.Ю., Егоров Ю.С., Алексеев В.В., Чупров Д.А. Разработка предиктивного игрового искусственного интеллекта // Сборник материалов XXV Международной научно-технической конференции «Информационные системы и технологии». − Н. Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2019. С. 429-434.

УДК 004

ЯХОНТОВА Я.В.

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОБЩЕСТВЕННО-ЗНАЧИМЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Актуальность разработки информационной системы для планирования и управления общественно-значимымимероприятиями связана с необходимостью повышения уровня вовлеченности обучающихся в университетскую жизнь, формирования комфортной социальной среды и повышения эффективности использования ресурсов, затрачиваемых на мероприятия. Традиционные методы организации мероприятий зачастую не учитывают в полной мере разнообразие интересов, культурных особенностей и предпочтения студентов, что снижает удовлетворенность участников мероприятия и затрудняет достижение поставленных организаторами целей проведения мероприятия.

Разработан алгоритм поддержки принятия коллективных решений (ППКР) при совершенствовании общественно-значимых мероприятий, включающий следующие этапы: формирование и сбор комментариев участников мероприятия; обработка комментариев участников мероприятия; оценка значимости экспертами групп комментариев и их ранжирование; формирование гипотез экспертами; оценивание гипотез и обработка экспертных оценок; отбор гипотез для совершенствования мероприятия.

На основе указанного алгоритма разработана информационная система поддержки принятия коллективных решений (ИС ППКР), предназначенная для совершенствования общественно-значимых мероприятий на основе сбора и обработки комментариев пользователей, формирования и ранжирования гипотез, автоматизированного выбора подмножества гипотез для последующей постановки задач и реализации корректирующих действий. В

ИС ППКР с помощью технологии «Яндекс Формы» реализован сбора оценок пользователей и экспертов, их обработка с применением методов искусственного интеллекта, процедура поддержки принятия решений. Так применение методов обработки естественного языка обеспечивает группировку (кластеризацию) содержательно близких отзывов участников мероприятий. Для модератора сервиса предусматривается возможность задавать тематические классы отзывов (замечания, предложения). Определение классов отзывов с учетом направленности мероприятий направлено на совершенствование формы, этапов и отдельных аспектов проведения мероприятий.

Для отбора выдвинутых и оцененных гипотез поставлена и автоматизированно решается задача о многомерном рюкзаке с целевой функцией соответствующей полезности гипотезы и ограничениями на трудоемкость и затраты, связанными с реализацией соответствующего корректирующего действия.

Основные функции ИС ППКР:ввод критериев оценки;ввод комментариев участников (с помощью онлайн-голосования);возможность коллективного обсуждения и голосования;автоматизированная обработка комментариев с формированием групп семантически близких комментариев (кластеров); формирование и оценивание гипотез экспертами; автоматизированное ранжирование и отбор гипотез;генерация отчетов и визуализация результатов.

Основные роли пользователей ИС ППКР: участники мероприятия – оставляют отзывы; администратор системы – настраивает голосование, управляет правами доступа, создает ссылку на форму голосования; модератор – проверяет корректность голосов; специалист (активист культмассового сектора) – оценивает значимость групп комментариев; эксперт – формирует и оценивает гипотезы; руководитель – организует работу экспертов, принимает решение об отобранных гипотезах для последующей реализации корректирующих действий, выполняя функцию лица принимающего решения (ЛПР).

Разработанная информационная система находится на этапе опытной эксплуатации и применена при проведении ряда мероприятий, включая Мисс НГТУ 2025.

Подсекция 1.4

Информационные технологии

УДК 004

АНУФРИЕВ В.А., НАЖИМОВА Н.А.

ЕДИНАЯ ПРИЗНАКОВАЯ ОСНОВА В ГИБРИДНОМ ДЕТЕКТОРЕ МУЛЬТИАККАУНТОВ

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Гибридный детектор мультиаккаунтов предназначен для оценки входных событий, выявления скрытых связей между учётными записями и устройствами, а также для поддержки модерации и обучения моделей оценки риска. Для решения этих задач он объединяет технический, поведенческий и графовый анализ. При этом на всех этапах должна использоваться одна и та же признаковая основа. Если признаки рассчитываются и хранятся разрозненно, между этапами эксплуатации и обучения появляются расхождения в составе признаков, правилах их формирования и времени актуальности значений. Поэтому в программной реализации детектора требуется единая подсистема хранения и использования признаков [1].

В качестве такой подсистемы используется признаковое хранилище, которое задаёт единые правила описания, хранения и чтения признаков. Чтобы состав признаков и правила их использования не расходились между компонентами детектора, в его структуре выделяется реестр признаков [2]. В нём фиксируются имя признака, ключ сущности, параметры окна агрегации, срок хранения значения, ответственный компонент и версия расчёта.

Для работы с признаками в хранилище используются два слоя. Оперативный слой обеспечивает низколатентное чтение значений при обработке входного события и реализован на Valkey как хранилище ключ–значение с ограничением времени жизни данных [3]. Пакетный слой размещён в PostgreSQL и хранит значения признаков на разные моменты времени. Это позволяет использовать текущие значения при оценке события и значения на момент принятия решения при подготовке обучающих выборок.

Практический смысл единой признаковой основы состоит в том, что при оценке событий и подготовке обучающих выборок используются одни и те же признаки. При оценке в реальном времени читаются актуальные значения, а при подготовке обучающих выборок – значения признаков, соответствующие моменту принятия решения. Это исключает расхождения между эксплуатацией детектора и формированием датасетов.

Таким образом, единая признаковая основа в гибридном детекторе мультиаккаунтов позволяет поддерживать общий состав признаков, развести оперативное чтение и хранение их истории, а также обеспечить согласованность между текущей оценкой событий и подготовкой обучающих выборок. Это снижает риск расхождений между эксплуатацией и обучением модели и упрощает развитие системы.

Библиографический список

1. Architecture - Hopsworks Documentation [Электронныйресурс]. URL: https://docs.hopsworks.ai/latest/concepts/fs/ (дата обращения: 29.03.2026).

2. Introduction | Feast: the Open Source Feature Store [Электронныйресурс]. URL: https://docs.feast.dev/ (дата обращения: 29.03.2026).
3. Valkey [Электронный ресурс]. URL: https://valkey.io/ (дата обращения: 29.03.2026).

УДК 004.4

БЕЗДЕЛЁВ С.В., КАРАБЕРОВ И.В.

РАЗРАБОТКА CRM-СИСТЕМЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ РАБОТЫ АВТОСЕРВИСА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В условиях растущей конкуренции и повышения требований к качеству обслуживания для современных автосервисов становится важным решение задачи автоматизации процессов управления взаимоотношениями с клиентами (CRM). Традиционные методы учёта заказов, клиентов и автомобилей с использованием бумажных журналов или разрозненных электронных таблиц часто приводят к потере данных, дублированию информации и увеличению времени обработки заявок. Особенно остро эта проблема стоит в автосервисах с высоким потоком клиентов, где необходимо оперативно отслеживать статус ремонта, историю обслуживания автомобилей и расчёт стоимости работ.

В качестве основной концепции управления была выбрана модель CRM, ориентированная на централизованное хранение данных о клиентах, обслуживаемых автомобилях, выполненных заказах и услугах, используемых запчастях. Такой подход позволяет обеспечить прозрачность бизнес-процессов, автоматизировать документооборот и повысить лояльность клиентов за счёт оперативного доступа к истории обслуживания. Система учитывает роли сотрудников (администраторы, механики) и клиентов, что позволяет разграничить доступ к данным и адаптировать интерфейс под каждую категорию пользователей.

Основной задачей проекта стала разработка веб-ориентированной CRM-системы, предназначенной для автоматизировать ключевые процессы автосервиса: учёт клиентов и их автомобилей, формирование заказов на ремонт и обслуживание, расчёт итоговой стоимости с учётом услуг и запчастей, а также ведение справочников услуг, запчастей и должностей сотрудников. Особое внимание было уделено сокращению времени оформления заказа.

В процессе разработки была проанализирована предметная область, включая изучение типовых бизнес-процессов автосервиса, требований к учёту заказов и отчётности, а также нормативных требований к хранению персональных данных. В качестве технологического стека был выбран фреймворкFlask (Python) для backend-разработки благодаря лёгкости, гибкости и обширной экосистеме расширений (Flask-SQLAlchemy, Flask-Migrate, Flask-Login). Для хранения данных использована СУБД PostgreSQL, обеспечивающая целостность ссылочных данных, поддержку сложных запросов и надёжное хранение реляционных структур.

Архитектура системы спроектирована как многоуровневая, включающая слой моделей данных (клиенты, автомобили, сотрудники, должности, заказы, услуги, запчасти, связующие таблицы), слой бизнес-логики (расчёт стоимости заказа, проверка доступности, аутентификация) и слой представления (шаблоны HTML, маршруты с разграничением доступа). На этапе реализации разработана реляционная схема базы данных, реализованы CRUD-операции для всех сущностей, созданы динамические формы для выбора услуг и запчастей с указанием количества, а также реализован механизм автоматического подсчёта итоговой суммы заказа и определения статуса выполнения.

Итогом работы стала функциональная CRM-система для автосервиса, способная одновременно обслуживать десятки активных заказов, полностью автоматизируя учёт клиентской информации и историю обслуживания. Система обеспечивает прозрачность работы автосервиса для клиентов (личный кабинет с историей заказов) и управленческий контроль для сотрудников.

УДК 004

БОКОВ И.С., МОРУГИН С.Л.

О СИСТЕМЕ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Проблема автоматизированной оценки качества программного обеспечения приобретает системный характер по мере роста объёма и сложности изменяемого кода: выпуск в промышленную эксплуатацию без верификации метрик надёжности и сопровождаемости сопряжён с критическими операционными рисками[1]. Традиционные линтеры и статические анализаторы дают воспроизводимые сигналы, но слабо охватывают контекстные и архитектурные дефекты; применение больших языковых моделей без привязки к формальным метрикам снижает объяснимость и сопоставимость результатов [2].

Предложена гибридная трёхуровневая архитектура. На первом уровне вычисляются классические метрики статического анализа (цикломатическая сложность Маккейба, объём Холстеда, индекс сопровождаемости, данные линтеров). На втором – аддитивная модель, согласованная со стандартом ISO/IEC 25010: показатели, трассируются к атрибутам сопровождаемости, тестируемости и отказоустойчивости и агрегируются в детерминированный интегральный балл риска с опорой на отраслевые пороги. Третий уровень использует большую языковую модель GigaChat для интерпретации согласованного набора метрик и формирования экспертного отчёта; при необходимости допускается точечный контекстный разбор высокорисковых фрагментов с ориентацией на классификаторы CWE/OWASP и принципы SOLID.

В экспериментальной части на эталонных и реальных Python-репозиториях анализируется согласованность оценок статического контура и LLM и выполняется сопоставление с результатами промышленного анализа (SonarQube) на том же коде. Обсуждаются ограничения: вариативность формулировок модели, чувствительность к промпту, лимиты объёма анализа и меры воспроизводимости (кэширование, фиксация конфигурации). Разработан прототип, пригодный для встраивания в CI/CD с политикой порогов по риск-баллу. Подтверждена целесообразность гибрида: формальные метрики задают объективную основу, а LLM дополняет её выявлением контекстуальных рисков, не сводимых к правилам линтера.

Библиографический список

1. Берг, О. Ю. Метрики оценки качества программного обеспечения / О. Ю. Берг // Труды международного симпозиума "Надежность и качество". – 2005. – Т. 1. – С. 321-322. – EDNNEBSPD. (датаобращения: 01.04.2026).
2. Liu Y., Le-Cong T., Widyasari R., Tantithamthavorn C., Li L., Le X.-B. D., Lo D. Refining ChatGPT-Generated Code: Characterizing and Mitigating Code Quality Issues // ACM Transactions on Software Engineering and Methodology. - 2024. - Vol. 33, № 5. - Art. 116. - DOI: 10.1145/3643674.

УДК 004.8

ЕЛИСЕЕВСКИЙ Г.В., ВВЕДЕНСКИЙ Ю.Н., САТАЕВ С.В., БАЛАШОВА Т.И.

ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ ПО МЕТОДИКЕ AGILE

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Методология Agile представляет собой современный подход к управлению проектами, основанный на разбиении процесса разработки на короткие итерации (спринты), что обеспечивает высокую адаптивность к изменяющимся требованиям и снижает риски неуспешной реализации проектов за счёт регулярного получения обратной связи от заинтересованных сторон [1].

Итеративная организация рабочего процесса в рамках Agile, включающая планирование спринтов, ежедневные совещания (dailystand-up), обзоры результатов (review) и ретроспективы, способствует повышению прозрачности выполнения проекта и качества принимаемых решений благодаря активному вовлечению команды в процесс разработки [1].

Использование иерархической структуры задач, включающей эпики, пользовательские истории и инициативы, обеспечивает систематизацию требований и позволяет эффективно управлять сложными проектами, ориентируя команду на создание бизнес-ценности [2].

Интеграция методов непрерывного совершенствования, таких как цикл PDCA, метод «пяти почему», концепции кайдзен и бережливого производства, усиливает возможности Agile-подхода за счёт системного выявления и устранения узких мест, а также формирования культуры постоянного улучшения процессов разработки [3].

Сравнительный анализ Agile и каскадной (водопадной) модели разработки демонстрирует преимущества гибкой методологии, заключающиеся в возможности итеративного пересмотра требований и адаптации к изменениям, в отличие от линейной структуры Waterfall, что позволяет существенно снизить стоимость внесения изменений на поздних этапах проекта [4].

Библиографический список

1. [Электронный ресурс] – https://agilemanifesto.org/
2. [Электронный ресурс] – https://www.atlassian.com/agile/project-management
3. [Электронный ресурс] – https://lean.org/lexicon/kaizen/
4. [Электронный ресурс] – https://www.tutorialspoint.com/sdlc/sdlc_waterfall_model.htm

УДК 004.8

ЕЛИСЕЕВСКИЙ Г.В., ВВЕДЕНСКИЙ Ю.Н., СМИРНОВ И.А., БАЛАШОВА Т.И.

ГИБКИЕ МЕТОДОЛОГИИ: AGILE, SCRUM, KANBAN

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Гибкие методологии разработки программного обеспечения представляют собой совокупность подходов, объединённых в рамках концепции Agile, включающей такие фреймворки, как Scrum, Kanban, Lean и Extreme Programming (XP). Ключевыми принципами Agile являются итеративность, регулярная обратная связь и ориентация на качество продукта, при этом допускается комбинирование различных практик для достижения максимальной эффективности управления проектами [1].

Фреймворк Scrumреализует итеративный подход к разработке посредством спринтов фиксированной длительности и формализует процесс через определённые роли (владелец продукта, Scrum-мастер, команда разработки), артефакты (бэклог продукта, бэклог спринта,

инкремент) и регламентированные события. Данный подход обеспечивает структурированную поставку ценности и контроль за выполнением задач на каждом этапе разработки [2].

Метод Kanban ориентирован на визуализацию рабочего процесса с использованием досок задач и ограничений на количество незавершённой работы (WorkInProgress, WIP). Основной целью Kanban является обеспечение непрерывного потока задач, снижение перегрузки команды и повышение прозрачности процессов, что делает его особенно эффективным для сервисных и эксплуатационных команд [3].

Комбинированный подход Scrumban объединяет элементы Scrumи Kanban, сочетая спринтовую организацию работы с визуализацией задач и управлением потоком. Это позволяет повысить гибкость процессов разработки, обеспечить непрерывную поставку результатов и более эффективно управлять ресурсами в рамках сложных проектов, одновременно снижая уровень профессионального выгорания команды [4].

Библиографический список

1. [Электронный ресурс] – https://agilemanifesto.org/
2. [Электронный ресурс] – https://scrumguides.org/
3. [Электронный ресурс] – https://kanban.university/kanban-method/
4. [Электронный ресурс] – https://www.atlassian.com/agile/project-management/scrumban

УДК 004.8

ЕЛИСЕЕВСКИЙ Г.В., ВВЕДЕНСКИЙ Ю.Н., ГЕРАСИМОВА А.В., БАЛАШОВА Т.И.

ЗНАКОМСТВО С МЕТОДОЛОГИЯМИ РАЗРАБОТКИ ПО

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Методологии разработки программного обеспечения играют ключевую роль в структурировании многоэтапного процесса создания информационных систем, определяя последовательность этапов, распределение ролей между участниками и механизмы контроля выполнения задач. Их применение направлено на снижение рисков, связанных с неупорядоченностью процессов, ростом затрат и ухудшением качества конечного продукта [1].

Каскадная модель (Waterfall) представляет собой линейный подход к разработке, предполагающий последовательное выполнение этапов — от сбора и анализа требований до проектирования, реализации, тестирования и внедрения. Данная модель характеризуется высокой степенью формализации и документирования, что делает её наиболее применимой в проектах с чётко определёнными и неизменяемыми требованиями [2].

V-модель является развитием каскадного подхода и основывается на установлении соответствия между этапами разработки и этапами тестирования. Каждому уровню проектирования сопоставляется определённый вид тестирования (модульное, интеграционное, системное), что обеспечивает раннее планирование процессов контроля качества и повышает надёжность создаваемых систем [3].

Итеративная модель разработки предполагает создание программного продукта посредством последовательных циклов (итераций), в рамках которых осуществляется уточнение требований, реализация функциональности и её тестирование. Такой подход позволяет получать работоспособные версии продукта на ранних этапах и снижать риски за счёт поэтапного улучшения системы [4].

Спиральная модель разработки сочетает элементы итеративного подхода с систематическим анализом рисков на каждом этапе (витке спирали). Это обеспечивает эффективное управление неопределённостями и делает модель особенно востребованной при реализации крупных и высокорисковых проектов, включая системы в авиационной и финансовой сферах [5].

Инкрементная модель основывается на поэтапном построении системы путём добавления отдельных функциональных компонентов (инкрементов), каждый из которых проходит стадии разработки, интеграции и тестирования. Данный подход обеспечивает ранний доступ к частично готовому продукту и повышает гибкость разработки, что особенно актуально для веб- и корпоративных приложений [4].

Библиографический список

1. [Электронный ресурс] – https://www.ibm.com/topics/software-development-life-cycle
2. [Электронный ресурс] – https://www.geeksforgeeks.org/software-engineering/waterfall-model/
(подробное описание каскадной модели, её этапов и применимости)
3. [Электронный ресурс] – https://www.geeksforgeeks.org/software-engineering/difference-between-v-model-and-spiral-model/
(описание V-модели и её связи с тестированием)
4. [Электронный ресурс] – https://www.atlassian.com/agile/project-management
5. [Электронный ресурс] – https://www.tutorialspoint.com/article/difference-between-waterfall-model-and-spiral-model

УДК 004.8

ЕЛИСЕЕВСКИЙ Г.В., ВВЕДЕНСКИЙ Ю.Н., КЛИМОВА Э.А., БАЛАШОВА Т.И.

JIRA ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Система управления проектами Jira представляет собой инструмент, предназначенный для организации и координации командной работы, обеспечивающий централизованное хранение задач, контекста и процессов разработки. Применение Jira позволяет снизить уровень информационной фрагментации, характерной для использования разрозненных каналов коммуникации, таких как электронная почта и мессенджеры, тем самым повышая прозрачность и управляемость проектов [1].

Проекты (разделы) в Jira выступают в качестве логических контейнеров, объединяющих задачи, участников и бизнес-процессы в рамках определённых целей. Поддержка различных шаблонов, включая Kanban и Scrum, обеспечивает возможность адаптации инструмента под различные подходы к управлению разработкой — как с непрерывным потоком задач, так и с фиксированными итерациями [2].

Доски задач (boards) в Jira реализуют механизм визуализации рабочего процесса посредством распределения задач по этапам выполнения. Scrum-доски ориентированы на работу со спринтами и бэклогом продукта, в то время как Kanban-доски обеспечивают управление непрерывным потоком задач с применением ограничений на незавершённую работу (WIP). Возможность использования нескольких досок в рамках одного проекта способствует эффективному управлению различными потоками задач и межпроектными взаимодействиями [2]. Иерархическая структура задач в Jira включает эпики, задачи (пользовательские истории, задания, дефекты), подзадачи и связи между ними (зависимости, блокировки), что обеспечивает декомпозицию целей различного уровня и способствует системному управлению проектом — от стратегического планирования до выполнения отдельных операций [3].

Рабочие процессы (workflow) в Jira определяют последовательность состояний задачи и правила перехода между ними, включая статусы (например, Open, InProgress, Done), условия и результаты выполнения. Гибкость настройки workflow позволяет адаптировать систему под специфические бизнес-процессы организации и повысить соответствие инструментов управления реальным практикам разработки [1].

Библиографический список

1. [Электронный ресурс] – https://www.atlassian.com/software/jira
2. [Электронный ресурс] – https://www.atlassian.com/agile/project-management
3. [Электронный ресурс] – https://support.atlassian.com/jira-software-cloud/docs/what-is-an-issue/

УДК 004.4

ЗАЙЦЕВА Е.В., ТОКАРЕВ С.В.

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ ИНТЕГРАЦИИ СКУД С БИОМЕТРИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Объектом работы является автоматизированная система контроля и управления доступом, включающая программные и аппаратные компоненты биометрической идентификации и обеспечивающая реализацию политики доступа на объекте.

В рамках разработки автоматизированных систем безопасности была реализована программная модель интеграционного модуля, обеспечивающего взаимодействие системы контроля и управления доступом с биометрическими устройствами распознавания лиц.

Разработанный модуль представляет собой отдельный программный сервис, выполняющий функции посредника между серверной частью СКУД и исполнительными устройствами. Архитектура решения основана на принципах модульности и разделения ответственности, что обеспечивает гибкость и расширяемость системы.

В процессе реализации были выделены основные функциональные подсистемы: управление пользователями, обработка биометрических данных, управление правами доступа, прием событий и журналирование операций. Каждая подсистема реализует отдельный этап обработки данных и взаимодействия между компонентами системы.

Передача данных осуществляется с использованием сетевых протоколов и стандартных методов взаимодействия (GET, POST, PUT, DELETE). Для обмена информацией применяются форматы JSON и XML, что обеспечивает совместимость с различными типами устройств. Реализованы механизмы аутентификации и обработки ошибок.

Особое внимание уделено процессу синхронизации пользователей и биометрических данных. При изменении информации в системе управления доступом автоматически формируется задание синхронизации, которое включает обновление учетных записей, передачу изображений и актуализацию прав доступа на устройствах.

Также реализован механизм обработки событий доступа. Исполнительные устройства формируют события, которые передаются в модуль, проверяются на корректность и записываются в журнал, после чего передаются в систему управления доступом.

Для повышения надежности реализованы механизмы обработки сетевых сбоев и хранения данных на устройствах с последующей синхронизацией. Для обеспечения безопасности предусмотрена защита каналов передачи данных и разграничение прав доступа.

Таким образом, разработанный модуль обеспечивает автоматизацию процессов интеграции, снижает нагрузку на администраторов и повышает надежность функционирования СКУД с биометрическими устройствами. Полученные результаты могут использоваться при модернизации существующих систем безопасности и разработке новых решений.

Результатом работы является разработка программного модуля интеграции, обеспечивающего взаимодействие компонентов системы и автоматизацию обмена данными, что повышает надежность и эффективность функционирования системы контроля доступа.

В качестве перспектив развития разработанного модуля интеграции рассматривается расширение его функциональных возможностей и повышение уровня автоматизации. Воз-

можно внедрение поддержки дополнительных типов исполнительных устройств и биометрических методов идентификации, что позволит создать универсальную платформу управления доступом. Перспективным направлением является развитие механизмов централизованного администрирования и мониторинга состояния системы, а также интеграция с внешними информационными системами предприятия. Реализация указанных направлений позволит повысить гибкость, масштабируемость и надежность функционирования системы контроля и управления доступом.

УДК 629.113.01,004.942

КАРИМОВА А.М., КАТАЕВА Л.Ю.

ВСТРЕЧНЫЙ РАЗЪЕЗД АТОМОБИЛЕЙ: АЭРОДИНАМИКА И БЕЗОПАСНОСТЬ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Оптимизация аэродинамических характеристик автомобиля является важной задачей для обеспечения его устойчивости и безопасности, особенно в условиях роста интенсивности и скорости движения. Особую актуальность приобретают риски, связанные с взаимным аэродинамическим влиянием транспортных средств в потоке. Наиболее опасны встречное движение и обгон, при которых возникает кратковременное, но мощное силовое взаимодействие. Снос малогабаритного автомобиля под воздействием потока от встречного крупногабаритного транспортного средства, например, грузового фургона или автопоезда, может привести к потере курсовой устойчивости. В сочетании с неблагоприятными дорожными или погодными условиями это создаёт угрозу выезда на обочину или в кювет и серьёзное ДТП. Физическую основу явления составляет формирование перед движущимся автомобилем зоны повышенного давления, области сжатого воздуха, которую транспортное средство постоянно преодолевает. При встречном разъезде на высокой скорости два таких клина сталкиваются. Поскольку воздух не успевает мгновенно рассеяться в ограниченном пространстве между автомобилями, давление в зоне их взаимодействия резко возрастает. Этот скачок создаёт значительную боковую силу, импульсно воздействующую на кузова и стремящуюся оттолкнуть их друг от друга. Чем больше габариты и скорость транспортного средства, тем мощнее возмущение и сильнее воздействие на встречный автомобиль. Эволюция методов аэродинамического проектирования прошла путь от экспериментальных к расчётным. Исторически основным инструментом была аэродинамическая труба, однако физические эксперименты отличаются высокой стоимостью и ограниченными возможностями параметрических исследований. Качественный скачок произошёл с развитием вычислительной гидродинамики (CFD), которая позволила сократить время и стоимость исследований, а также получать детальную информацию о структуре потока. Анализ литературы показывает, что долгое время исследования сосредотачивались на двух направлениях: обтекание одиночного автомобиля для снижения лобового сопротивления и движение в колонне для уменьшения сопротивления за счёт дистанции. Однако задачи аэродинамики нестационарного взаимодействия автомобилей при скоростном встречном разъезде, особенно разнотипных, исследованы недостаточно. Традиционные подходы не воспроизводят этот процесс, а существующие работы рассматривают лишь установившиеся или симметричные сценарии. Именно необходимость количественной оценки сил и моментов, возникающих в этом критическом маневре, определяет мотивацию развития данной темы.

Библиографический список

1. Катаева Л. Ю. Современные аспекты численного моделирования аэродинамики автомобиля в CFD системах : монография. – Москва : Издательские решения, 2024. – 211 с. –

URL: https://books.yandex.ru/books/Bgh5FZDl/read-online (дата обращения: 10.04.2026). – Текст : электронный.
2. Киселева Н. Н., Масленников Д. А., Катаева Л. Ю., Лощилова Н. А. Моделирование загрязнения автомобиля, движущегося в колонне, средствами Star CCM+ // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 12 (ч. 6). – С. 1141–1145.

УДК 004.51:004.65

КОВАЛДОВ Н.А., АКИМОВ А.А., БОКОВ Е.Д., НАУМОВ Е.М.

РАЗРАБОТКА СПОРТИВНО-ТУРИСТИЧЕСКОГО ПРИЛОЖЕНИЯ С ЭЛЕМЕНТАМИ ГЕЙМИФИКАЦИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Сфера туризма и спорта является развивающейся в нашей области, и в процессе ее развития мы сталкиваемся с проблемой низкой вовлеченности населения в активный туризм и спортивные прогулки, во многом это связано с отсутствием в настоящее время доступных цифровых инструментов, объединяющих персонализированный подбор маршрутов с мотивирующими игровыми механиками. Существующие решения либо требуют установки тяжеловесных мобильных приложений, либо не учитывают индивидуальных предпочтений и не предоставляют социальных функций для долгосрочного удержания пользователей.

Основной задачей проекта стала разработка приложения, которое будет сочетать в себе персонализированное формирование пеших маршрутов и соревновательный аспект, который позволит удерживать интерес пользователей путем взаимодействия системы друзей и внедрения в приложение элементов геймификации. Для большего охвата пользователей наше приложение будет доступно с любого устройства без дополнительного программного обеспечения.

В качестве метода для реализации персонализации маршрутов был выбран алгоритм ранжирования на основе предпочтений пользователя, которые он указывает при регистрации, а также фильтрации, основанной на критериях отбора, указанных в процессе взаимодействия с нашим приложением, например, сложность и протяженность маршрута, тематика и т.д. Элементы геймификации, повышающие вовлеченность пользователей в процесс прохождения маршрутов, реализуются выдачей пользователю цифровых наград и начислением баллов за пройденные маршруты, которые повышают личный прогресс пользователя. Пользователь сможет выполнять задания путем прохождения маршрутов, контрольных точек, а также взаимодействием с другими пользователями. Созданная система друзей дополняет интерес пользователей к проекту, добавляя соревновательный аспект взаимодействия между пользователями. Пользователи видят уровни друзей и могут сравнивать прогресс между собой, реализуя элемент позитивной конкуренции.

В качестве технологической основы был выбран фреймворк Spring на языке Java для backend-разработки, обеспечивающий высокую производительность, безопасность и масштабируемость бизнес-логики. Для frontend-разработки был выбран фреймворкReact на языке TypeScript с использованием ReactRouter, Axios и StateManagement через Redux, который позволяет создать адаптивный и отзывчивый интерфейс, работающий в любом современном браузере. Для безопасного и эффективного хранения данных была выбрана СУБД PostgreSQL, в которой будут храниться профили пользователей, маршруты, результаты прохождений, достижения и т.д.

Архитектура приложения включает в себя несколько модулей:

- модуль авторизации и профиля, который является точкой входа и идентификации пользователя;

- модуль карты и геолокации, обеспечивающий всю визуализацию данных и навигацию;
- модуль каталога, предоставляющий удобные инструменты выбора и поиска маршрутов;
- модуль аудиогида, обеспечивающий мультимедийное сопровождение;
- модуль геймификации, повышающий вовлеченность пользователей, превращая прогулки по городу в увлекательную игру.

Разработанное приложение призвано повысить интерес жителей к здоровому образу жизни через игровые и социальные механики, к туристическим пространствам города, а также восполнить дефицит сервисов для самостоятельного планирования активного досуга.

УДК 004.9:004.056.5

КУЛАГИН П.А.

РАЗРАБОТКА ЗАЩИЩЁННОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ БИБЛИОТЕЧНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ СЕТИ ИНТЕРНЕТ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Научно-образовательная деятельность неразрывно связана с библиотечным поиском – от книг и учебников до научных статей и диссертаций. По мере развития науки и накопления знаний растёт также объём библиотечных фондов, а вместе с ним и потребность в автоматизации поиска необходимой информации в них.

Для решения этой задачи применяют информационные системы (ИС), именуемые автоматизированными библиотечными информационными системами (АБИС). Такие системы, в первую очередь, направлены на автоматизацию работы библиотекаря в задачах ведения библиотечного учёта. Примером такой системы является АБИС МАРК SQL [1].

В рамках описанной здесь магистерской работы была создана защищённая ИС для публикации и поиска информации о библиотечных фондах для авторизованных пользователей. Эта система выполнена в формате клиент-серверного приложения (web-сайта).

В её возможности входит решение следующих задач:

1. Обеспечение удалённого доступа к ней посредством сети Интернет.
2. Управление доступом на основе ролей и аутентификация пользователей по цифровому отпечатку (Digest).
3. Импорт библиографических записей в формате MARC, традиционно используемом для обмена информацией между разными АБИС.
4. Поиск библиотечных ресурсов по атрибутам (полям) библиографического описания.

Для построения ИС используются следующие технологии и средства:

1. Среда выполнения .NETFramework [2] (или её открытая кроссплатформенная реализация MonoFramework) – под её управлением функционирует серверная часть.
2. Программный интерфейс (API) ADO.NET – для взаимодействия с системами управления базами данных (СУБД) без привязки к конкретным СУБД.
3. СУБД SQLite –для хранения баз данных электронного каталога и пользователей ИС.
4. Язык программирования C# и платформа ASP.NET – для реализации серверной части ИС: аутентификация, импорт данных, управление доступом и обработка запросов.
5. Языки программирования JavaScript, разметки HTML и стилей CSS – для реализации клиентской части ИС (пользовательский интерфейс).

Для обмена данными между клиентом и сервером используются:

1. Протоколы HTTP и TCP/IP – для передачи запросов и ответов в сети Интернет.
2. Язык JSON (JavaScriptObjectNotation) – для кодирования запросов и ответов.

3. Формат файлов MARC – для импорта библиографических описаний из АБИС МАРК-SQL или библиотечных систем, аналогичных ей.

По итогам работы была создана ИС, которая реализует авторизованный доступ к информации о библиотечных фондах в сети Интернет, а, кроме того, были разработаны дополнительные рекомендации по защите этой ИС:

1. Настройка протокола TLS для защищённой передачи между клиентом и сервером.
2. Установка промежуточного сервера (шлюза) для фильтрации входящих запросов.

Библиографический список

1. АБИС семейства "МАРК-SQL" | Информ-система. 2025. URL: https://informsystema.ru/ru/node/33 (дата обращения: 30.03.2025).
2. Overview of .NET Framework - .NET Framework | Microsoft Learn. 2023. URL: https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/framework/get-started/overview (дата обращения: 21.05.2025)

УДК 004.4.422

КУЛЁВА А.А.

АВТОМАТИЧЕСКИЙ ПОДБОР ОПЦИЙ КОМПИЛЯТОРА В РАМКАХ РЕШЕНИЯ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ЗАДАЧИ

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

В современном программировании актуальным остаётся вопрос увеличения производительности приложений. Одним из ключевых аспектов, позволяющий повысить производительность программного кода без изменения исходных алгоритмов, является грамотный подбор флагов компилятора. В связи с многообразием доступных опций компиляции и наличием сложных и часто непредсказуемых взаимодействий между ними, подбор эффективной конфигурации флагов представляет собой сложную комбинаторную задачу, которую невозможно решить путём полного перебора в связи с ограниченным объёмом профилирования.

Дополнительную сложность представляет многокритериальный характер оценки производительности программ, поскольку она оценивается по ряду результирующих показателей, каждый из которых в свою очередь определяется совокупностью микроархитектурных характеристик и ограничений [1]. Возникающие противоречия между критериями требуют применения методов анализа, позволяющих рассматривать систему метрик комплексно и находить компромиссные решения.

Предлагаемый подход сочетает использование непараметрической статистики, в частности теста Манна–Уитни, для выявления статистически значимого влияния опций компиляции на характеристики выполнения программ [2] и применение дерева решений для разрешения конфликтов между критериями эффективности. Такой подход обеспечивает статистически обоснованный отбор значимых опций компилятора и позволяет формировать интерпретируемые правила выбора конфигураций компиляции.

Для проверки предложенной методологии разработано клиент-серверное приложение, обеспечивающее автоматизацию экспериментов и анализ полученных результатов. Был проведён эксперимент на тестовом пакете CoreMark с использованием компилятора на основе Clang 19, в ходе которого было проанализировано влияния ряда опций компиляции на характеристики выполнения бенчмарка по нескольким критериям, включающим количество инструкций, выполняемых за такт (IPC), размер сгенерированного кода и количество кэш-промахов. Корректность работы предложенного алгоритма была дополнительно проверена путём полного перебора всех возможных комбинаций рассматриваемых опций компиляции.

Полученные результаты подтверждают применимость предложенного подхода для задач автоматического подбора конфигураций компиляции в условиях многокритериальной оптимизации.

Существующие методы автоматического подбора параметров компиляции (autotuning) часто основаны на эвристических алгоритмах [3, 4] и методах машинного обучения [5], функционирующих как «чёрный ящик» и не обеспечивающих статистической интерпретируемости результатов.

Предложенный подход расширяет существующие методы автоматического подбора опций компиляции за счёт использования статистически интерпретируемого анализа экспериментальных данных и может применяться в задачах оптимизации программных систем, исследовании поведения компиляторов и автоматизации процессов сборки программного обеспечения.

Библиографический список

1. Phansalkar A., Joshi A., Eeckhout L., John L. K. Measuring Program Similarity: Experiments with SPEC CPU Benchmark Suites // Proceedings of the IEEE International Symposium on Performance Analysis of Systems and Software (ISPASS). — 2005. — P. 10–20. — URL: https://doi.org/10.1109/ISPASS.2005.1430555
2. Haneda M., Knijnenburg P.M.W., Wijshoff H.A.G. Automatic Selection of Compiler Options using Non-Parametric Inferential Statistics // Proceedings of the 14th International Conference on Parallel Architectures and Compilation Techniques (PACT'05). — 2005. — P. 123-132. — URL: https://doi.org/10.1109/PACT.2005.9
3. Nagiub M., Farag W. Automatic selection of compiler options using genetic techniques for embedded software design // 2013 IEEE 14th International Symposium on Computational Intelligence and Informatics (CINTI). — 2013. — P. 69–74. — URL: https://doi.org/10.1109/CINTI.2013.6705166
4. Lin S.C., Chang C.K., Lin N.W. Automatic selection of GCC optimization options using a gene weighted genetic algorithm // IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN). — 2008. — P. 1–8. — URL: https://doi.org/10.1109/APCSAC.2008.4625477

УДК 004.94

МИСЕВИЧ П.П., БЕЛИНОВ С.А.

ПОТОКОВАЯ МОДЕЛЬ СТРУКТУР ПРОГРАММНЫХ КОМПОНЕНТОВ ИНТЕРОПЕРАБЕЛЬНЫХ СИСТЕМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ В ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В докладе рассматриваются научно-практические вопросы построения системы поддержки алгоритмов компонентной сборки. Анализ работы алгоритмов компонентной сборки [1] показал, что они соответствуют потоковой модели процесса функционирования интероперабельной системы.

Потоковая модель описывает процесс срабатывания компонентов в программной структуре решения задачи в предметной области. В ней выделяется компонент – источник потока. Это стартовое событие сценария решения задачи в предметной области. Процесс решения задачи завершается достижением компонента – приёмника потока, которому соответствует завершающее событие сценария (событие STOP).

Потоковая модель имеет ряд особенностей:

- не поддерживает циклы;
- поддерживает параллельные потоки решения задачи;

- основана на гипотезе корректного формирования всех входных параметров перед инициализацией компонента в интероперабельной системе.

В докладе рассматриваются два способа реализации потоковой модели системы компонентов: с использованием жёсткой программной структуры, которая воплощена в коде и с использованием интерпретатора, который работает циклами действие – идентификация.

Предлагается моделировать процесс интерпретации сценария решения задачи предметной области при помощи модификации диаграммы EPC [2]. Обоснованием этого решения является поддержка нотациями EPC как описания реализации совокупности операций в предметной области (вершины - функции), так описание управляющих воздействий (вершины- события). Применение логических операторов позволяет моделировать различные типы ветвлений в потоке, а модификация диаграмм [2] поддерживает описание динамики ситуации в интероперабельной системе при помощи фреймов, комментариев и системы мер.

В [2] предлагается технология реализации EPC модели процессов в интероперабельной системы в форме многомерного куба. Это облегчает процесс реализации информационного обеспечения (ИО) поддержки реализации сценария решения задачи в предметной области в течение жизненного цикла. ИО так же поддерживает сбор статистики с использованием системы мер, которые ассоциативными связями назначаются на элементы EPC модели процесса.

Библиографический список

1. Кулясов, П.С. Моделирование и оптимизация адаптивных многокомпонентных систем на базе алгебраических структур / Д.В. Жевнерчук, П.С. Кулясов // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – Воронеж. – 2020 – № 1(8).
2.Кулясов П.С., Мисевич П.В. Технология отображения модифицированной диаграммы EPC в структуру данных реляционной модели // Научно-технический вестник Поволжья, №7, 2025. С. 147-153.

УДК 004.451.46

МИХАЙЛОВА Е.В.

ЛЕГКОВЕСНАЯ МНОГОЗАДАЧНОСТЬ В СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМАХ: BOOST.FIBER, ARGOBOTS И GOROUTINES

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Классические потоки операционной системы характеризуются высокими накладными расходами на переключение контекста и ограниченной масштабируемостью. Альтернативой служат легковесные единицы выполнения, планируемые в пространстве пользователя. Применяются две модели: M:1 (множество задач на одном потоке ОС) и M:N (задачи распределяются между несколькими потоками). В работе сравниваются три подхода: Boost.Fiber, Argobots и Goroutines (Go).

Boost.Fiber – библиотека C++, предоставляющая фреймворк для легковесных единиц выполнения, именуемых файберами [1]. Использует модель M:N: каждый поток ОС имеет собственный планировщик и очередь файберов, что исключает синхронизацию между планировщиками, но создаёт привязку файбера к потоку (возможен принудительный перенос). Переключение контекста занимает десятки наносекунд – на порядок быстрее, чем у потоков ОС. Библиотека предоставляет собственные примитивы синхронизации, блокирующие только файбер. Недостаток – необходимость ручной интеграции с асинхронным I/O и тщательного проектирования точек кооперации.

Argobots – runtime-система для высокопроизводительных вычислений (HPC) [2]. Предлагает две абстракции: пользовательские потоки (ULT) со стеком и поддержкой блокировок,

а также сверхлёгкие задачи (tasklets) без стека. Планировщик иерархический, поддерживает балансировку нагрузки (work-stealing) на уровнях NUMA-узлов, пулов потоков и ядер. Задержки переключения ULT – единицы наносекунд, tasklets – ещё меньше. Асинхронный I/O явно невстроен, но может быть реализован поверх. Система требует глубокой настройки под аппаратуру, поэтому применяется в узкой нише – создании высокооптимизированных платформ для научных и инженерных вычислений.

Goroutines встроены в язык Go на уровне рантайма [3]. Используется динамическая M:N модель с возможностью миграции горутины между потоками ОС. Наряду с кооперативными точками с версии 1.14 применяется вытеснение долгих горутин. Основной механизм синхронизации – каналы, реализующие принцип «не общайтесь через разделяемую память». Асинхронный I/O полностью прозрачен: блокирующий по семантике код сетевых вызовов не блокирует поток ОС, а приостанавливает горутину до готовности данных. Создание горутины дёшево, что позволяет запускать миллионы экземпляров. Go идеален для разработки новых сетевых сервисов, где важны скорость разработки и надёжность.

Все три технологии снижают накладные расходы по сравнению с классическими потоками ОС, но каждая имеет ограничения. Boost.Fiber требует ручного. Argobots обеспечивает низкие задержки, но сложен в настройке. Goroutines предлагают прозрачную модель, однако при экстремальных нагрузках возможны проблемы из-за сборщика мусора.

Библиографический список

1. BoostC++ Libraries. Boost.Fiber: UserlandThreads [Электронный ресурс]. – 2024. – Режим доступа: https://www.boost.org/doc/libs/latest/libs/fiber/doc/html/index.html (дата обращения: 08.12.2025).
2. ArgobotsProject. Argobots [Электронный ресурс]. – 2024. – Режим доступа: https://argobots.org/ (дата обращения: 08.12.2025).
3. The Go Programming Language. Getting to Go: The Journey of Go’s Garbage Collector (ISMM Keynote) [Электронныйресурс]. – Режимдоступа: https://go.dev/blog/ismmkeynote

УДК 551.465

МИХАРЕВИЧ И.А.

ПРОГРАММНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ ДОННОГО ДАВЛЕНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЛНОВОГО ПОЛЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В работе рассматриваются методы обработки сигналов донного давления, зарегистрированных в акватории порта Холмска, с целью их совместного анализа с метеорологическими данными. Основное внимание уделено алгоритмам обработки временных рядов, включающих фильтрацию, сглаживание и пересчёт измерений в параметры волнового поля с учетом физических особенностей распространения волн [1, 2].

Обработка данных включает компенсацию атмосферного давления, расчет плотности морской воды по уравнению состояния TEOS-10 и пересчёт давления в глубину [3]. На основе полученного временного ряда выполняется спектральный анализ с учетом затухания волнового давления с глубиной, что позволяет корректно восстановить характеристики морского волнения.

Для согласования данных различной дискретности применяются методы интерполяции. Использование спектральных методов и поправки на затухание давления с глубиной обеспечивает корректное восстановление энергетических характеристик волнения.

Разработанный алгоритм может быть использован для мониторинга морского волнения и анализа гидрометеорологических процессов, а также при оценке условий эксплуатации морских и прибрежных объектов.

Библиографический список

1. Ковалев Д.П., Манилюк Ю.В., Ковалев П.Д. Колебания уровня моря в смежных бухтах Торгового порта и Холмск-Северный (о. Сахалин) // Морской гидрофизический журнал. 2024. Т. 40. № 3(237). С. 450–468.
2. Рувинская Е.А., Куркина О.Е., Куркин А.А. Спектральные особенности морского волнения и приливных колебаний в районе порта Холмск (на юго-западном шельфе о. Сахалин) // Экологические системы и приборы. 2024. № 12. DOI: 10.25791/esip.12.2024.1491.
3. McDougall T.J., Barker P.M. Getting started with TEOS-10 and the Gibbs Seawater (GSW) Oceanographic Toolbox // SCOR/IAPSO WG127. 2011. 28 p. ISBN 978-0-646-55621-5.

УДК 004

МУРАВЬЕВА И.Д.

РАЗРАБОТКА КЛИЕНТ-СЕРВЕРНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ «ЗАДАЧНИК ДЛЯ СТУДЕНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ТАЙМ-МЕНЕДЖМЕНТА»

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Сейчас большинство студентов сталкиваются с огромным количеством различных учебных задач ежедневно. Чтобы не допустить дезорганизации учебного процесса и не забыть о важных задачах и дедлайнах, важно уметь систематизировать все задачи. Держать все задачи в голове можно, но это приводит к перегрузке мозга и риску забыть главное. Вести бумажный ежедневник – хорошее решение, но нужно вручную оформлять его и самостоятельно реализовывать методы тайм-менеджмента. Электронная версия ежедневника решает все эти проблемы и поэтому разработка приложения «Задачник для студентов с использованием методов тайм-менеджмента» является актуальной задачей.

При разработке клиент-серверного приложения были выбраны три метода тайм-менеджмента. Матрица Эйзенхауэра – это первый реализованный в приложении метод, который позволяет расставлять приоритеты у задач в зависимости от их срочности и важности. Также был реализован метод Помодоро, предполагающий чередование периодов сосредоточенной работы и короткого отдыха для борьбы с прокрастинацией. Третий реализованный метод - диаграмма Ганта, инструмент для наглядного отображения задач и сроков их выполнения в виде таблицы, где по вертикали отображается список задач, а по горизонтали - даты выполнения.

К основным задачам при разработке клиент-серверного приложения относились создание, редактирование и удаление проектов, задач (в каждом проекте) и этапов (в каждой задаче), реализация методов тайм-менеджмента, настройка профиля, реализация календаря со списком задач на конкретный день, неделю или месяц и обеспечение безопасности. Особое внимание уделялось автоматизации оформления календаря, визуального представления матрицы Эйзенхауэра и диаграммы Ганта, подсчета «помидоров» и запуск таймера для задач, которые были добавлены пользователем. Для удобства и персонализации в приложении пользователь может задавать названия статусов задач и квадратов матрицы, определять длительность интервалов работы и отдыха в методе Помодоро, а также выбирать удобный способ группировки и фильтрации задач.

Процесс разработки начался с изучения методов тайм-менеджмента и определения важнейших функций для приложения, чтобы сделать его интуитивно понятным пользовате-

лю и максимально функциональным в планировании дел. В связи с чем были определены следующие функциональные требования к приложению: JavaScript-библиотека React для разработки клиентской части приложения, платформа Node.js для серверной части и СУБД PostgreSQL для хранения данных. Также были реализованы требования для обеспечения безопасности, к которым относятся авторизация и регистрация пользователей, использование JWT перед выполнением запроса к базе данных, контроль прав доступа и периодическая смена пароля и JWT.

Архитектура приложения включает модули создания, редактирования и удаление проекта, задачи, этапа и модули для представления трех методов тайм-менеджмента и календаря. База данных хранит информацию о пользователях, проектах, задачах и этапах со сроками их выполнения, истории запуска таймера в методе Помодоро и настройках пользователей по персонализации приложения.

В итоге было разработано веб-приложение, позволяющее студентам эффективно управлять своим временем для оптимизации учебного процесса, развития дисциплины и повышения концентрации внимания на задачах с помощью методов тайм-менеджмента. Приложение прошло тестирование и готово к внедрению в учебный процесс студентов.

УДК 004.912

НАЗАРОВ А.И.

СРАВНЕНИЕ И УЛУЧШЕНИЕ МОДЕЛЕЙ КЛАССИФИКАЦИИ ОБРАЩЕНИЙ ГРАЖДАН НА ОСНОВЕ ТЕКСТОВЫХ ДАННЫХ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Современные цифровые платформы позволяют гражданам оставлять обращения и жалобы по различным вопросам городского хозяйства, таких как жилищно-коммунальные услуги, благоустройство, транспорт и экология. Ручная обработка становится неэффективной, что делает актуальной задачу автоматической классификации текстов. Применение методов машинного обучения позволяет ускорить обработку данных, выявлять проблемные направления и обеспечивать аналитическую поддержку органов управления.

Целью работы является разработка и исследование методов автоматической классификации обращений граждан по тематике с использованием алгоритмов машинного обучения.

В качестве базовых подходов рассматривались *LogisticRegression* и *LinearSVC,* обеспечивающие устойчивые результаты и высокую интерпретируемость при ограниченных объёмах данных. После анализа их предсказаний и ручной корректировки части классификаций была выполнена дополнительная настройка модели для улучшения распознавания редких категорий. Была протестирована также модель ***RUBERT***, способная учитывать контекст и семантические зависимости слов. В условиях дефицита размеченных данных была подготовлена эталонная выборка (150 единиц), на базе которой осуществлялась настройка классификаторов и оценка их точности. Сравнение моделей проводилось по метрикам точности и F1-меры, что позволило определить оптимальный баланс между скоростью работы, качеством классификации и устойчивостью к различным типам обращений.

В качестве оптимальной модели для классификации обращений граждан была выбрана LinearSVC. Для редких категорий была проведена лёгкая аугментация текстов с синонимическими заменами. Тестирование на сложных примерах подтвердило адекватность предсказаний основных категорий и возможность ручной корректировки пограничных случаев.

Система обеспечивает точное распределение обращений по темам, остаётся быстрой, компактной и готовой для интеграции в микросервис.

Библиографический список

1. С. Брин, Л. Фейгенбаум // Машинное обучение и анализ текста: методы и приложения. М.: Наука, 2020. С. 45-62.
2. Д. Ю. Иванов, Е.А. Петрова // Применение методов машинного обучения для автоматической классификации текстов. Вестник информатики. 2021. № 4. С. 23-35.

УДК 004.4'242

ПОЛЯКОВ Н.С.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕРПРЕТАТОРА НА ОСНОВЕ МНОГОСЛОЙНОЙ МАТРИЦЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНЫХ СЦЕНАРИЕВ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В современных задачах автоматизации бизнес-процессов существенную проблему представляет переход от концептуального описания процесса к его программной реализации. При наличии формализованных моделей процессов значительная часть логики всё ещё реализуется вручную, что приводит к увеличению времени на разработку ПО и снижению эффективности разработки [1].

В рамках проведённого исследования рассматривается использование интерпретатора, работающего на основе многослойной матрицы, представляющей бизнес-процесс в машинно-ориентированном виде. Модель включает структурное описание связей между узлами сценария, классификацию узлов, а также спецификацию входных и выходных параметров с условными обозначениями типов и ограничений. Такое представление соответствует общепринятому подходу к моделированию бизнес-процессов, в рамках которого модель описывает последовательность действий, информационные потоки и логические зависимости между элементами процесса [2].

Интерпретатор реализован в виде скелетной оболочки - фиксированным составом модулей, в которой логика конкретного процесса задаётся входными данными. На основе загруженной модели выполняется проверка корректности сценария и автоматически формируется каркас программной реализации, включающий управляющий модуль, заготовки функций, обработку ветвлений и валидаторы параметров.

Практическое применение интерпретатора заключается в автоматизации разработки прикладных сценариев обработки данных и управления бизнес-процессами. Использование предложенного подхода позволяет сократить объём ручного программирования, унифицировать структуру разрабатываемых решений и снизить вероятность ошибок при изменении логики процесса.

Рассматриваются возможные области применения интерпретатора, включая разработку инженерных скриптов, автоматизацию регламентных процедур и построение инструментальных средств поддержки принятия решений. Предложенный подход обеспечивает перенос логики процесса из концептуальной модели в программную среду без непосредственного переписывания сценария, что повышает эффективность разработки и сопровождения программного обеспечения.

Библиографический список

1. Aguilar-Savén R.S. Business process modelling: Review and framework // International Journal of Production Economics. – 2004. – Vol. 90, No. 2. – P. 129–149.

2. Aldeen Y.N., Abdel-Fattah M.A., Khedr A.E. A Literature Review of Business Process Modeling Techniques // International Journal of Computer Applications. – 2015.

УДК 004.65, 551.326

САННИКОВ Н.А., БЛИНОВ К.Д., СЕБИН А.С.

ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ БАЗЫ ДАННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО РАЗРУШЕНИЮ ЛЕДЯНЫХ ПЛАСТИН С РАЗЛИЧНОЙ СКОРОСТЬЮ НАГРУЖЕНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Разработка специализированной базы данных для хранения и систематизации результатов экспериментальных исследований прочности ледяного покрова обусловлена необходимостью эффективного управления большими объемами разнородной информации. Реализованная на базе реляционной системы MySQL, база данных объединяет в единой структуре, как первичные показания измерительных приборов, так и результаты их последующей аналитической обработки. Архитектура системы включает три ключевых таблицы, связанных отношением «один ко многим». Таблица внутренних данных (InternalData) содержит основные расчетные характеристики, такие как максимальная сила разрушения, работа разрушения, модули упругости и цилиндрическая жесткость пластин. Условия проведения опытов, параметры нагружающей установки, средняя толщина ледяного поля и типы используемых датчиков зафиксированы в таблице внешних данных (ExternalData). Особенностью реализации является выделение высокочастотных записей с датчиков силы и прогиба в отдельную таблицу (MeasurementData), где каждое значение привязано к конкретному эксперименту через систему внешних ключей. Такой подход позволяет хранить детальные временные ряды с шагом до 0,0001 секунды, обеспечивая при этом высокую скорость выполнения SQL-запросов для поиска и фильтрации данных по заданным физическим параметрам. Созданная информационная система упрощает доступ к архивным материалам исследований и предоставляет надежную основу для верификации теоретических моделей разрушения льда при проектировании инженерных сооружений и ледокольной техники.

УДК 004.94

САТАЕВ С.В., ГАРЬКУША В.А, ГАНИН Е.А., ИГНАТУШИН С.А.

РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ОБРАЩЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ МАТРИЦ 2×2 В АППАРАТУРЕ FPGA

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Современные приложения цифровой обработки сигналов требуют высокопроизводительной обработки матричных данных в реальном времени. Особую сложность представляет операция обращения комплексных матриц. Цель работы – аппаратная реализация обращения матриц 2×2 на ПЛИС. Из рассмотренных подходов (LU-разложение, метод Холецкого, метод алгебраических дополнений) выбран последний, так как для матриц размерности 2×2 он обеспечивает минимальное число операций при вычислении определителя и максимальное быстродействие. На практике используется схема решения по методу наименьших квадратов вида

$$(\mathrm{H} * \mathrm{H}^{\mathrm{H}})^{-1} * \mathrm{H}^{\mathrm{H}} * \mathrm{y}$$

Эксперименты проводились на отладочных платах с SoCZynq 7000 (BajieBoard XC7Z010 и PYNQ-Z2). Выбор архитектуры Xilinx обусловлен доступностью оборудования, развитой документацией и инструментами САПР Vivado/Vitis, предоставляющими встроенные DSP-блоки и средства конвейеризации.

Первоначально использовался High-LevelSynthesis (HLS) в среде Vitis, однако ограниченная гибкость при отладке нестандартных алгоритмов привела к решению реализовать модуль непосредственно на уровне RTL. Это позволило полностью контролировать архитектуру вычислительного конвейера.

Алгоритм обращения матрицы методом алгебраических дополнений реализован в формате с фиксированной точкой signed Q0.8. Фиксированная точка выбрана для обеспечения детерминированной задержки и высокой скорости параллельных вычислений без издержек нормализации чисел с плавающей точкой. Разработанная конвейерная архитектура на частоте 100 МГц обрабатывает 10 матриц за 6 тактов. Корректность вычислений и эффективность конвейеризации подтверждены моделированием в симуляторе Vivado. Матричные операции (умножение, сложение) выполняются на встроенных DSP-блоках FPGA (25×18), что даёт значительное ускорение по сравнению с программной реализацией.

Библиографический список

1. QMTECH ZYNQ7000 Bajie board user manual (hardware) - https://esys.ir/images/img_Item/2401/Files/Bajie_Board_User_Manual(Hardware)_V01.pdf
2. Харрис Д. М., Харрис С. Л. Цифровая схемотехника и архитектура компьютера : учебник / Д. М. Харрис, С. Л. Харрис. – Москва : ДМК Пресс, 2018. – 791 с. – ISBN 978-5-97060-522-6.
3. Xilinx. Vivado Design Suite User Guide: Design Flows Overview (UG892) [Электронный-ресурс] : Design Flows Overview / Xilinx. – Верс. 2025.1. – 2025. – Режимдоступа: https://docs.amd.com (датаобращения: 15.03.2026).
4. Xilinx Vivado Design Suite User Guide: Getting Started (UG910) [Электронныйресурс] : Getting Started Tutorial / Xilinx. – Верс. 2025.1. – 2025. – Режимдоступа: https://docs.amd.com (датаобращения: 15.03.2026).

УДК 004.9:658.5

СМИРНОВ С.С.

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМ ОБСЛУЖИВАНИЕМ И РЕМОНТОМ ОБОРУДОВАНИЯ

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева»

В любой организации, эксплуатирующей оборудование – будь то производственный цех, транспортная компания, медицинское учреждение или сервисный центр – эффективность работы напрямую зависит от надежности и бесперебойного функционирования технических средств. Однако управление техническим обслуживанием и ремонтом (ТОиР) во многих организациях до сих пор осуществляется с использованием устаревших подходов: ведение журналов в табличных редакторах или на бумажных носителях, ручное планирование ремонтов, разрозненный учет запасных частей. Такой подход приводит к отсутствию централизованной истории обслуживания, пропуску сроков регламентных работ, внеплановым простоям и, как следствие, финансовым потерям.

Проведённый анализ существующих систем автоматизации ТОиР выявил следующие ограничения. 1С:ТОиР – мощное решение с интеграцией в экосистему 1С, однако его внедрение требует значительных финансовых затрат, а функционал избыточен для небольших

организаций. TRON – специализированная CMMS-система с удобным веб-интерфейсом, но обладает ограниченными возможностями интеграции с бухгалтерскими и складскими системами, что приводит к двойному вводу данных. SAP EAM – комплексная EAM-система для управления жизненным циклом активов, но её стоимость и сложность внедрения делают её недоступной для малого и среднего бизнеса. Таким образом, существующие на рынке решения либо требуют существенных затрат, не всегда оправданных для небольших организаций, либо не обеспечивают должного уровня автоматизации ключевых процессов ТОиР.

Целью работы является разработка информационной системы управления техническим обслуживанием и ремонтом оборудования, в которой реализован учет оборудования с хранением паспортных данных через единый реестр и сохранение полной истории обслуживания; учет заявок на внеплановый ремонт и нарядов-допусков с обеспечением прозрачности выполнения работ; складской учет запасных частей, позволяющий резервировать материалы под конкретные работы; автоматизировано формирование графиков планового обслуживания с возможностью привязки к календарю или наработке и встроен модуль формирования отчетности с возможностью анализа простоев, затрат и выполнения планов.

Архитектура системы будет построена на принципах клиент-серверного взаимодействия с разделением на слой представления, слой бизнес-логики (обработка заявок, формирование графиков, учет ресурсов) и слой хранения данных (реляционная база данных). Синхронизация между модулями учета оборудования, планирования обслуживания и складского учета будет реализована через единую модель данных, что обеспечит целостность и актуальность информации. Для реализации пользовательского интерфейса будут использоваться современные веб-технологии, обеспечивающие интуитивно понятную работу для всех категорий пользователей – от технических специалистов до руководителей.

Таким образом, разрабатываемая информационная система позволит вести управление ТОиР от учета оборудования до формирования отчетности без использования разрозненных инструментов и бумажного документооборота. Практическая значимость работы заключается в снижении времени простоя оборудования за счет своевременного проведения регламентных работ, сокращении затрат на обслуживание благодаря точному учету ресурсов и исключении потерь данных, связанных с человеческим фактором.

Библиографический список

1. Волков А.С., Марков А.А. Управление техническим обслуживанием и ремонтом оборудования / А.С. Волков, А.А. Марков. – М.: Инфра-М, 2023. – 248 с.
2. Муромцев Д.Ю. CMMS-системы: обзор и практика внедрения / Д.Ю. Муромцев. – СПб.: Лань, 2024. – 192 с.
3. IBM Maximo. Enterprise Asset Management documentation [Электронныйресурс]. – URL: https://www.ibm.com/products/maximo. – (датаобращения: 14.04.2026).

УДК 004.853

ТАРАКАНОВ Д.А., САВЧЕНКО Л.В.

АНАЛИЗ ПРИМЕНИМОСТИ МЕТОДОВ CAUSAL INFERENCE ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА СИНТЕЗА РЕЧИ В TTS-СИСТЕМАХ

Нижегородский филиал ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

В настоящее время системы синтеза речи (Text-to-Speech, TTS) широко применяются в цифровых сервисах, таких как голосовые ассистенты, навигационные системы и банковские приложения, однако на текущий момент отсутствуют объективные методы оценки, позво-

ляющие выявить причины снижения качества синтеза. Существующие подходы, как правило, ограничиваются агрегированными пользовательскими оценками или экспертным анализом, фиксируя общий уровень естественности и разборчивости речи без объяснения, какие именно характеристики синтеза приводят к ухудшению восприятия. В результате остается неочевидным, какие конкретные факторы — ошибки ударения, темп, паузы, интонация или особенности текста — оказывают ключевое влияние на итоговое качество. Это затрудняет интерпретацию результатов оценки и ограничивает возможность улучшения TTS-систем.

В работе рассматривается возможность применения методов причинно-следственного анализа (causalinference) для оценки качества синтеза речи. Данный подход ориентирован на выделение эффекта интервенции при наличии наблюдаемых данных и учёте факторов смешения. В контексте TTS интервенцией выступают изменения характеристик синтеза речи, а исходами – пользовательские оценки качества, отражающие восприятие аудиосигнала. Такой подход позволяет перейти от простого сравнения вариантов синтеза к анализу влияния отдельных параметров на итоговый результат.

Также проведены сравнения различных вариантов синтеза речи при контроле сопутствующих факторов, а также рассмотрены подходы к формированию сопоставимых выборок и учёту наблюдаемых переменных. Дополнительно проанализированы возможности применения методов matching, регрессионного анализа и современных подходов на основе машинного обучения для оценки причинного эффекта. Отдельное внимание уделено вопросам валидации полученных результатов, включая проверку устойчивости оценок к изменениям выборки и входных признаков.

Показано, что методы causalinference могут рассматриваться как дополнительный инструмент анализа качества синтеза речи, позволяющий перейти от описательных сравнений к интерпретации причинных факторов, влияющих на пользовательское восприятие. При этом выявлены ограничения, связанные с субъективностью восприятия речи, вариативностью пользовательских оценок и невозможностью полного учёта всех влияющих факторов.

Библиографический список

1. Facure M. Causal Inference for the Brave and True, 2022.
2. Hernan M.A., Robins J.M. Causal Inference: What If, 2020.
3. Taylor P. Text-to-Speech Synthesis. - Cambridge University Press, 2009.

УДК 004.622

ТИЩЕНКО А.А., ПОПОВ В.А., ЗВЕРЕВ Е.С.

ГЕНЕРАТОР НАБОРОВ ДАННЫХ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ И ТЕСТИРОВАНИЯ МОДЕЛЕЙ ОПТИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИНИЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Качественное обучение нейронных сетей требует набор данных, подготовленный в соответствии с решаемой задачей, например, задачи распознавания линий границ таблиц. Набор данных таких линий улучшат обучение специализированных нейронных сетей – для обеспечения разнообразия классов генератор выдает линии разных конфигураций и/или типов взаимных расположений: параллельные линии без дефекта, с разрывом; пересекающиеся линии и параллельные кривые линии.

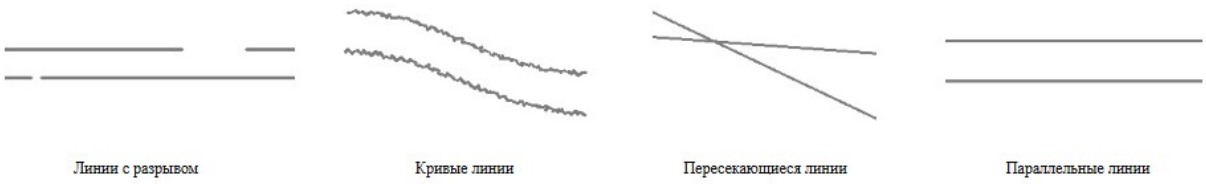


Рис. 1. Классы объектов

В рамках каждого из вариантов линий используется определенный алгоритм:

- параллельные линии без дефекта формируются как прямые линии с определенным шагом;
- параллельные линии с разрывом формируются в 2 этапа. Первым этапом формируются как прямые линии с определенным шагом, далее случайным образом формируется центр разрыва и его длина разрыва на каждой линии;
- пересеченные линии формируется как прямые линии с разным углом поворота, который формируется случайным образом;
- параллельные кривые линии могут быть сформированы функциями разных кривых, таких как параболическая функция, гиперболическая функция, синусоидальная функция и другие.

Генератор принимает на вход следующие параметры:

1) размер изображения;
2) количество, длина и тип линий;
3) цветовая палитра;
4) параметры случайного распределения линий на изображении;
5) количество изображений для генерации.

Результатом работы генератора является структурированный набор данных, классы дефектов разделены внутри датасета, набор данных разделен на обучающую, тестовую и валидационную выборки. Перспективой развития алгоритма является расширения класса задача машинного обучения от классификации к детектированию и/или сегментации объекта на изображении.

УДК 004.056.5

ШИРЯЕВ А.И., НАЖИМОВА Н.А.

ПОЛИТИКА БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МЕЖСЕТЕВОГО МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ЭКРАНА

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Политика безопасности системы управления многофункционального межсетевого экрана (ММЭ) разработана в соответствии с требованиями Федеральной службы по техническому экспортному контролю и рыночными стандартами. Она включает восемь ключевых направлений: аутентификация и идентификация; хранение паролей; регистрация событий; шифрование подключений; контроль целостности; сокрытие интерфейсов управления; резервное копирование.

Идентификация, аутентификация и разграничение доступа. Процедуры основаны на ГОСТ Р 58833-2020 [1]. Политика предусматривает:

- Блокировку учетной записи после исчерпания попыток входа с возможностью разблокировки администратором или по таймеру.

- Требования к паролю: длина не менее 8 символов при алфавите от 70 символов.
- Периодическую переаутентификацию через персональный JWT-токен после входа в систему.
- Три роли с четким разделением полномочий: администратор ММЭ, администратор безопасности и администратор информационной системы.

Защищенное хранение данных. Пароли администраторов и пользователей хранятся в защищенном виде. Для каждого пароля генерируется случайная строка (соль), которая объединяется с паролем, после чего результат хэшируется. Итоговый хэш сохраняется в базе данных, доступ к которой имеет исключительно система управления.

Регистрация событий и оповещение. Система ведет детальный журнал событий безопасности (фильтрация трафика, действия пользователей, атаки, сбои). Для хранения используется ротация журналов (rsync) [2], а временные метки синхронизируются по NTP [3]. Пользователи могут просматривать и фильтровать записи согласно своим ролям.

Контроль целостности и защита данных. Для защиты исходных файлов ММЭ применяется их шифрование с использованием отечественного алгоритма «Кузнечик». Параллельно ведется расчет и верификация криптографических хэш-сумм, что позволяет непрерывно контролировать целостность файлов.

Управление доступом к интерфейсам. Администрирование возможно через веб-приложение, консольное приложение и REST API. Все запросы проходят через единую точку входа, скрывающую внутренние сервисы. Полный доступ к терминалу ОС предоставляется только сотрудникам техподдержки при аутентификации аппаратным ключом.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 58833-2020. Защита информации. Идентификация и аутентификация. Общее положение. – М.: Стандартинформ, 2020. – 28 с.
2. Ханенко, А. А. Синхронизация файлов и резервное копирование с помощью Rsync / А. А. Ханенко, А. Н. Медведский // Международный научный журнал. – 2016. – № 6-2. – С. 28-30. – EDN WHGBHL.
3. Чернов, В. К. Применение протоколов синхронизации NTP и PTP для интеллектуальных электронных устройств в энергетике / В. К. Чернов, С. Г. Чумаров // Проблемы и перспективы развития энергетики, электротехники и энергоэффективности : Материалы III Международной научно-технической конференции, Чебоксары, 14–16 ноября 2019 года. – Чебоксары: Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, 2019. – С. 228-231. – EDN PJHXGS.

Подсекция 1.5

Техническая кибернетика

УДК 004.891.2

АБОВЯН Р.Э., ПАНКРАТОВ А.С., БУШУЕВА М.Е., РЕШЕТОВ В.А.

ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ РЕКОМЕНДАЦИИ НАПРАВЛЕНИЙ ОБУЧЕНИЯ В ВУЗЕ НА ОСНОВЕ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПРОФИЛЯ АБИТУРИЕНТА

Нижегородский государственный технический университет имени Р. Е. Алексеева

В условиях цифровизации образования [1, 5] и постоянного расширения перечня образовательных программ высшего образования возрастает сложность осознанного выбора направления подготовки выпускниками школ. На практике абитуриенты чаще всего ориентируются на проходные баллы, мнение окружения и общее представление о будущей профессии, тогда как их фактическое соответствие содержанию образовательной программы оценивается недостаточно формализованно.

На предыдущем этапе исследования был разработан алгоритм расчёта рекомендательной оценки направлений подготовки на основе академических показателей абитуриента [6]. Предложенный подход включает кластеризацию дисциплин учебных планов, построение матрицы соответствия школьных предметов и образовательных кластеров, а также вычисление нормированной оценки соответствия для различных направлений подготовки. Результаты апробации показали применимость метода для количественной оценки степени соответствия профиля абитуриента требованиям образовательных программ [6].

Следующим этапом развития работы является построение экспертной системы, использующей разработанный алгоритм как вычислительное ядро, а также базу знаний, формализованную по онтологическому принципу [4], для интеллектуальной поддержки выбора образовательной траектории.

Целью исследования [5] является разработка экспертной системы рекомендаций направлений обучения в вузе на основе ранее разработанного алгоритма оценки соответствия академического профиля абитуриента структуре образовательной программы.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

- интеграция разработанного алгоритма расчёта рекомендательной оценки в ядро экспертной системы;
- формирование базы знаний образовательных программ на основе ФГОС ВО и учебных планов [2];
- разработка механизма интерпретации и объяснения выдаваемых рекомендаций;
- реализация пользовательского модуля ввода академических показателей абитуриента на основе школьной успеваемости и результатов ЕГЭ [3];
- разработка подсистемы ранжирования и визуального представления направлений подготовки;
- экспериментальная проверка качества рекомендаций на тестовых и реальных данных.

Архитектура предлагаемой экспертной системы включает четыре основных компонента: модуль формирования профиля абитуриента, базу знаний образовательных программ, вычислительное ядро рекомендательного алгоритма и модуль интерпретации результатов.

Модуль формирования профиля абитуриента выполняет обработку школьных оценок и результатов ЕГЭ [3]. База знаний содержит кластерное представление дисциплин, матрицы

соответствия и весовые профили направлений на основе требований образовательных стандартов [2, 4].

Вычислительное ядро использует ранее разработанный алгоритм преобразования вектора школьных показателей в пространство образовательных кластеров и вычисляет итоговую нормированную рекомендательную оценку по каждому направлению подготовки.

Особое внимание уделяется модулю объяснимых рекомендаций, позволяющему интерпретировать вклад школьных предметов, образовательных кластеров и элементов учебного плана в итоговую оценку [4, 5].

Практическая значимость исследования заключается [5] в возможности использования системы в профориентационных сервисах вузов и цифровых образовательных платформах.

Дальнейшее развитие связано с расширением базы программ, автоматизацией формирования матриц соответствия и интеграцией системы в цифровую экосистему сопровождения абитуриента [5, 6].

Библиографический список

1. Климов Е. А. Психология профессионального самоопределения : учеб. пособие для вузов. — М. : Академия, 2010. — 304 с.
2. Федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования (ФГОС ВО 3++) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://fgosvo.ru (дата обращения: 04.02.2026).
3. Единый государственный экзамен. Структура и содержание контрольных измерительных материалов [Электронный ресурс] / ФИПИ. — М., 2025. — Режим доступа: https://fipi.ru/ege (дата обращения: 05.02.2026).
4. Gruber T. R. A translation approach to portable ontology specifications // Knowledge Acquisition. — 1993. — Vol. 5, No. 2. — P. 199–220.
5. A systematic literature review on educational recommender systems [Электронныйресурс]. — National Center for Biotechnology Information, 2022. — Режимдоступа: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9472736/ (датаобращения: 04.02.2026).
6. Панкратов А. С., Абовян Р. Э., Бушуева М. Е., Решетов В. А. Адаптация матрицы компетенций школьника под компетенции учебных планов направлений обучения в ВУЗе // Статья ИСТ-2026 НГТУ. — 2026.

УДК 004.94

АЛЕКСАНДРОВ М.Ю., КОРЕЛИН О.Н.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ИНТЕГРАЦИИ В HOME ASSISTANT НА ПЛАТФОРМЕ PIRANHA ESP32 V2

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Современные тенденции развития интернета вещей (IoT) предъявляют высокие требования к совместимости устройств, простоте их настройки и возможности бесшовной интеграции с существующими платформами автоматизации. Особую актуальность приобретает задача объединения аппаратных возможностей микроконтроллерных платформ, таких как Piranha ESP32 v2 [1], с программными экосистемами умного дома, среди которых значительное место занимает HomeAssistant.

Существующее программное обеспечение реализует универсальный подход к интеграции, основанный на открытых протоколах, что гарантирует совместимость не только с HomeAssistant [2], но и с другими платформами автоматизации. Ключевым элементом архитектуры выступает протокол MQTT (MessageQueuingTelemetryTransport) [3], который обес-

печивает асинхронную связь между устройством и брокером сообщений. Модель «издатель-подписчик» позволяет устройствам обмениваться данными без прямого знания друг о друге, что упрощает масштабирование системы и добавление новых узлов. Однако, существуют барьеры на пути такой интеграции, которые связаны с отсутствием стандартизированных подходов к обмену данными и сложностью синхронизации разнородных устройств.

Система состоит из двух частей. Аппаратная составляющая включает: микроконтроллерный модуль Piranha ESP32 v2, релейный модуль для управления нагрузкой, светодиод - индикации статуса и интернет-часы на базе I2C-шины. Особое внимание уделено стабильности соединений: реализованы механизмы автоматического переподключения к точке доступа Wi-Fi и брокеру MQTT, что критически важно для работы устройств в беспрерывном режиме. Программное обеспечение включает: публикацию текущего состояния реле, отображение текущего времени на четырёхразрядном семисегментном дисплее с автоматической синхронизацией через NTP-сервер, индикацию состояния подключения к Wi-Fi с помощью встроенного светодиода.

Разработанное решение может служить базовым шаблоном для построения широкого класса IoT-устройств, интегрируемых с HomeAssistant. Предложенный подход устраняет необходимость глубоких знаний программирования для конечного пользователя, предоставляя унифицированный интерфейс настройки. Дальнейшее развитие проекта может включать добавление веб-интерфейса для конфигурирования параметров без перекомпиляции прошивки, поддержку удалённого обновления по воздуху (OTA), а также интеграцию с сервисами онлайн-мониторинга и аналитики.

Библиографический список

1. ESP32 TechnicalReferenceManual [Электронный ресурс]. – URL: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_technical_reference_manual_en.pdf (дата обращения: 10.03.2026).
2. HomeAssistantDocumentation [Электронный ресурс]. – URL: https://www.home-assistant.io/docs/ (дата обращения: 10.03.2026).
3. MQTT: The Standard for IoT Messaging [Электронныйресурс]. – URL: https://mqtt.org/ (датаобращения: 10.03.2026).

УДК 004.416

БЕЗДЕЛЁВ С.В., КАРАБЕРОВ И.В.

ОПТИМИЗАЦИЯ И РАЗВЕРТЫВАНИЕ МОДЕЛИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ НА ОДНОПЛАТНОМ КОМПЬЮТЕРЕ LICHEE PI 4A С АРХИТЕКТУРОЙ RISC-V

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Разработан подход к внедрению предварительно обученных нейросетевых моделей на одноплатном компьютере LicheePi 4A с архитектурой RISC-V. Применено квантование и векторизация вычислений. Достигнуто ускорение инференса и снижение энергопотребления с минимальной потерей точности модели.

Современные задачи компьютерного зрения, такие как классификация изображений и детекция объектов, требуют значительных вычислительных ресурсов и сопровождаются высоким энергопотреблением. Это существенно ограничивает возможности их применения в условиях ограниченных аппаратных ресурсов.

В данной работе был разработан подход к внедрению предварительно обученных моделей машинного обучения на одноплатном компьютере LicheePi 4A с открытой процессорной архитектурой RISC-V. Аппаратная платформа включает в себя процессор TH1520 с так-

товой частотой 2.0 ГГц, 16 ГБ оперативной памяти и интерфейсы GPIO для подключения камеры и периферийных устройств, что делает ее перспективной основой для создания автономных интеллектуальных систем.

Выполнено проектирование программного стека для эффективного инференса. Конфигурация включает в себя операционную систему Ubuntu 22.04 для RISC-V, адаптированные фреймворкиTensorFlowLite и ONNX Runtime, библиотеку OpenCV и NumPy.

Алгоритм оптимизации модели включает несколько этапов:

1. Применение 8-битного квантования весов с динамической калибровкой, позволяющая кратно уменьшить размер модели.
2. Применение структурированной обрезки каналов для снижения вычислительной нагрузки.
3. Применение векторизации критических операций.

Весь процесс оптимизации выполняется с контролем качества на каждом этапе: после каждого преобразования проводится валидация модели на тестовой выборке для отслеживания возможной деградации точности.

Оценка эффективности разработанного решения проводилась по нескольким ключевыми направлениям. Качество работы модели оценивалось с использованием метрик Accuracy, Recall и F1-меры. Производительность системы оценивалась по количеству обрабатываемых кадров в секунду, задержке при выполнении инференса и уровню энергопотребления.

Проведенные испытания показали, что предложенный подход обеспечивает устойчивую работу модели в реальном времени на целевом аппаратном обеспечении при значительном снижении энергопотребления.

Предложенный комплекс методов оптимизации продемонстрирован на задачах автоматического анализа изображений в логистических процессах. Достигнутая производительность обработки изображений позволяет эффективно применять разработанное решение в составе портативных устройств и систем визуального контроля на промышленных объектах.

УДК 004.412.4

ГЕРАСИМОВА А.В., КАПРАНОВ С.Н.

МЕТРИКИ КАЧЕСТВА КОДА И ИНСТРУМЕНТЫ СТАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДЛЯ JAVA: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМА ПОРОГОВЫХ ЗНАЧЕНИЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Метрики качества программного обеспечения используются для количественной оценки характеристик кода, влияющих на его сопровождаемость, надежность и сложность. За последние 25 лет появилось множество метрик и инструментов для их автоматического сбора. Особое развитие данное направление получило для экосистемы Java [1].

Современные метрики качества кода делятся на категории: метрики размера (LOC, NOM, NOP), сложности (цикломатическая сложность Маккейба, WMC), связности (CBO, fan-in/fan-out), сцепления (LCOM) и наследования (DIT, NOC). Наибольшее распространение получил набор метрик Чидамбера и Кемерера (C&K), включающий WMC, CBO, RFC, LCOM и DIT [2].

Для автоматизации сбора метрик разработано множество открытых инструментов: SonarQube, Checkstyle, PMD, FindBugs и другие. Они выполняют статический анализ исходного кода, позволяя получать значения метрик без выполнения программы.

Ключевой проблемой существующих инструментов является использование фиксированных пороговых значений ("магических чисел") для интерпретации метрик. Например, правило "цикломатическая сложность не более 10" или "CBO < 7" применяется универсально

ко всем проектам, независимо от их размера, архитектурного стиля и предметной области. Исследования показывают, что распределения значений метрик существенно различаются у проектов разного масштаба. В крупных системах закономерно возникают классы с высокими значениями связности, в то время как в малых проектах аналогичные значения сигнализируют о нарушениях модульности.

Дополнительной проблемой является избыточность метрик: использование более 30 метрик на уровне класса приводит к коллинеарности и сложности интерпретации результатов. Компании испытывают трудности с выбором релевантного подмножества метрик [1].

Современные исследования указывают на недостатки существующих метрик: *проблема полноты***:** отсутствие четких инструкций по реализации метрик; *проблема обоснованности***:** метрики не всегда измеряют заявленную характеристику; *отсутствие контекста***:** пороговые значения не адаптируются под конкретный проект.

Показательно, что SonarQube ввел новую метрику "когнитивная сложность" как альтернативу цикломатической, поскольку последняя некорректно работала с конструкциями switch-case.

Несмотря на широкое распространение метрик качества кода и инструментов статического анализа для Java, существующие подходы к интерпретации результатов имеют существенные ограничения. Перспективным направлением является разработка методов адаптивной, контекстно-зависимой калибровки пороговых значений на основе статистического анализа распределения метрик внутри кодовой базы.

Библиографический список

1. Bugayenko Y., Kholmatova Z., Kruglov A., et al. Selecting optimal software code descriptors—The case of Java // PLoS ONE. – 2024. – Vol. 19, № 11. – DOI: 10.1371/journal.pone.0310840.
2. Chidamber S.R., Kemerer C.F. A metrics suite for object oriented design // IEEE Transactions on Software Engineering. – 1994. – Vol. 20, № 6. – P. 476-493.

УДК 004

ГОРБЫЛЕВ С.Д., НАЖИМОВА Н.А.

ИНТЕГРАЦИЯ СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ АТАК KERBEROASTING В ПЛАТФОРМУ МОНИТОРИНГА БЕЗОПАСНОСТИ SPLUNK

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Одним из ключевых этапов внедрения системы обнаружения атак Kerberoasting является её интеграция в существующую инфраструктуру мониторинга информационной безопасности. В рассматриваемом решении в качестве такой платформы используется Splunk, обеспечивающий централизованный сбор, хранение, анализ и визуализацию событий безопасности.

Интеграция реализуется по принципу внешней аналитической обработки, при котором система машинного анализа функционирует независимо, а результаты её работы возвращаются в среду мониторинга.

На первом этапе интеграции осуществляется экспорт данных из Splunk. С использованием планируемых поисковых запросов формируются выборки событий Kerberos, преобразованные в агрегированные признаки. Экспорт выполняется в формате CSV с заданной периодичностью, что позволяет регулярно обновлять входные данные для аналитического модуля и учитывать текущую активность в системе.

После выполнения анализа результаты, включающие информацию об аномальности событий, сохраняются в отдельные файлы и загружаются обратно в Splunk. Для этого используются стандартные механизмы платформы, такие как мониторинг директорий или специализированные интерфейсы приёма данных. Загруженные данные индексируются в отдельном хранилище, предназначенном для результатов машинного анализа.

Дальнейшая обработка выполняется средствами самой платформы. На уровне поисковых запросов осуществляется фильтрация событий, классифицированных как аномальные, а также дополнительный отбор по степени отклонения. Это позволяет выделить наиболее подозрительные действия и снизить количество ложных срабатываний.

Особую роль играет корреляционный анализ. Результаты работы алгоритма сопоставляются с дополнительными источниками данных, такими как списки привилегированных учетных записей, информация о сетевой инфраструктуре и история активности пользователей.

Для оперативного реагирования на угрозы в Splunk настраиваются механизмы оповещения. При выполнении заданных условий система автоматически генерирует уведомления, которые могут передаваться специалистам по информационной безопасности. Параметры срабатывания оповещений могут изменяться без необходимости вмешательства в алгоритмическую часть системы.

Внедрение подобного подхода обеспечивает масштабируемость и адаптивность системы обнаружения атак в условиях изменяющейся инфраструктуры, благодаря чему удается повысить общий уровень защищённости организации без существенного усложнения архитектуры мониторинга.

УДК 004.853

ГРАЧЕВ В.К., СТЕПАНЕНКО М.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНТЕГРАЦИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В iOS-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ИНОСТРАННЫХ ЯЗЫКОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Исследование эффективности интеграции искусственного интеллекта в iOS-приложения для изучения иностранных языков актуально в условиях роста мобильного EdTech и конкуренции между обучающими платформами. Внедрение искусственного интеллекта позволит автоматически генерировать задания, адаптировать сложность под пользователя, повышать вовлеченность и эффективность усвоения материала.

В рамках работы рассмотрены две реализации мобильного приложения на Swift.

Первая выполнена в императивном стиле с использованием UIKit, архитектуры VIPER и системы навигации RouteComposer, с CoreData для хранения данных, а также URLSession с async/await для работы с API и асинхронной загрузки медиафайлов.

Вторая реализация построена в декларативном стиле с применением SwiftUI, архитектуры MVVM с реактивным связыванием через Combine, управлением данных через SwiftData, обработкой асинхронных событий и интеграцией Alamofire и Kingfisher.

Анализ показал, что SwiftUI с MVVM и Combine ускоряет разработку интерфейса, упрощает масштабирование и снижает оверинженеринг компонентов, что делает его оптимальным выбором.

В приложении реализована интеграция искусственного интеллекта через API для генерации учебных заданий, адаптации их сложности и обработки пользовательского ввода. Проведено сравнительное исследование нескольких моделей: ChatGPT, DeepSeek, Grok, Qwen, Gemini, а также собственной LLM. Оценка моделей проводилась по следующим критериям: качество генерации (грамматика, релевантность, соответствие уровню

пользователя), скорость ответа, стабильность работы, требования к ресурсам, время обучения, стоимость использования, поддержка контекста и удобство интеграции [1].

В результате собственная модель уступала облачным LLM по качеству, требованиям к вычислительным ресурсам и времени обучения. Среди облачных решений был выбран OpenAI, обеспечивающий высокую точность, стабильность и возможность обновления на более совершенные версии.

Приложение прошло 90-дневное внутреннее и открытое бета-тестирование с анализом данных через TestFlight, FirebaseAnalytics и AmplitudeSwift. Оценка эффективности проводилась по метрикам: длительность активного использования, среднее количество заданий в день, количество начисляемых поинтов за задание, общее число выполненных заданий и регулярность использования [2]. Дополнительно реализован механизм сборки обратной связи.

По итогам исследования установлено, что интеграция искусственного интеллекта в iOS-приложение повышает качество обучения и вовлеченность пользователей за счет генерации заданий в реальном времени. Наибольшую эффективность показывает комбинированный подход с LMM, механиками геймификации и демонстрационными заданиями из базы данных. Даны рекомендации по внедрению искусственного интеллекта для обеспечения точности, стабильности и масштабируемости.

Библиографический список

1. Кузнецов И.А., Карпов М., Безруков П.В. Интеграция машинного обучения в технологии мобильных приложений: новые подходы и вызовы // Научный сетевой журнал "Столыпинский вестник". – 2024. – № 3.
2. Можаровский Е.А. Применение искусственного интеллекта в мобильных приложениях // Наукосфера. – 2024. – № 3.

УДК 001

ЗАГОСКИН В.А., ДМИТРИЕВ Д.В.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ ОБНАРУЖЕНИЯ МЕДИАКОНТЕНТА СОЦИАЛЬНОЙ ИНЖЕНЕРИИ, СОЗДАННОГО ГЕНЕРАТИВНЫМИ МОДЕЛЯМИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Тема обнаружения медиаконтента социальной инженерии, созданного генеративными моделями искусственного интеллекта, приобретает особую актуальность в условиях стремительного развития технологий генерации изображений, видео, аудио и текста. Современные модели, включая GAN, диффузионные архитектуры и большие языковые модели, позволяют создавать высокореалистичный контент, используемый в фишинговых атаках, дезинформации и мошенничестве. Практика показывает, что такие атаки уже приводят к значительным финансовым и репутационным потерям, а также формируют кризис доверия к цифровым медиа [1][2].

Существующие методы обнаружения можно разделить на несколько ключевых направлений. В задачах анализа изображений и видео широко применяются сверточные нейронные сети и трансформеры, ориентированные на выявление артефактов генерации и статистических аномалий. Однако исследования показывают, что такие модели демонстрируют высокую точность преимущественно на синтетических датасетах, тогда как при переходе к реальным данным их эффективность существенно снижается, что связано с разнообразием форматов, качеством сжатия и появлением новых генеративных моделей [3].

В области аудиоанализа ключевую роль играет изучение просодических и спектральных характеристик речи, поскольку синтетические системы часто не воспроизводят тонкие особенности интонации и ритма. Современные методы используют комбинацию признаков и подходы metric learning, позволяющие отделять реальные записи от синтетических и даже локализовать поддельные фрагменты внутри аудио. В текстовых атаках, таких как фишинг, эффективными оказываются как классические методы тематического моделирования и стилометрии, так и нейросетевые модели, достигающие высокой точности за счёт анализа структуры и стиля текста [4][5].

В целом сравнительный анализ показывает, что ни один из существующих подходов не обеспечивает универсального решения. Основные проблемы связаны с недостаточной обобщаемостью моделей, дефицитом реалистичных мультимодальных датасетов и уязвимостью к новым типам генеративных атак. Перспективным направлением является разработка комплексных мультимодальных систем, объединяющих различные типы признаков и методов, а также внедрение объяснимых моделей и формирование экосистемы доверия к цифровому контенту [2][3].

Библиографический список

1. Chandra N. A. et al. Deepfake-eval-2024: A multi-modal in-the-wild benchmark of deepfakes circulated in 2024 //arXiv preprint arXiv:2503.02857. – 2025.
2. Amerini I. et al. Deepfake media forensics: Status and future challenges //Journal of Imaging. – 2025. – Т. 11. – №. 3. – С. 73.
3. Pei G. et al. Deepfake Generation and Detection: A Benchmark and Survey. ArXiv, 1-28 [Электронныйресурс].
4. Eze C. S., Shamir L. Analysis and prevention of AI-based phishing email attacks //Electronics. – 2024. – Т. 13. – №. 10. – С. 1839.
5. Kyaw P. H., Gutierrez J., Ghobakhlou A. A systematic review of deep learning techniques for phishing email detection //Electronics. – 2024. – Т. 13. – №. 19. – С. 3823.

УДК 004.4

КАРАБЕРОВ И.В., БЕЗДЕЛЁВ С.В., СТЕПАНЕНКО М.А.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ФИНАНСОВЫХ СРЕДСТВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ LLM

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В условиях цифровизации экономики и роста объёмов персональных финансовых операций всё более актуальной становится задача централизованного интеллектуальногоуправления денежными потоками пользователей. Современные пользователи взаимодействуют с несколькими банковскими учреждениями, платёжными сервисами и финансовыми инструментами, что приводит к фрагментации данных о доходах и расходах и затрудняет их комплексный анализ.

Одним из перспективных направлений решения данной проблемы является разработка автоматизированной системы управления движением финансовых средств, обеспечивающей агрегацию, обработку и интеллектуальный анализ транзакционных данных. Ключевой особенностью предлагаемого подхода является интеграция данных из различных источников - банковских API, платёжных систем, а также ручного ввода информации о расходах - с последующей обработкой с использованием больших языковых моделей (LLM).

Основной задачей является создание системы, позволяющей пользователю формировать единую картину финансовой активности, автоматически классифицировать расходы,

выявлять закономерности и предоставлять рекомендации по оптимизации бюджета. В отличие от традиционных систем финансового учёта, предлагаемый подход ориентирован не только на хранение и визуализацию данных, но и на их интеллектуальную интерпретацию.

В процессе разработки были проанализированысуществующие решения в области персонального финансового менеджмента и изучены возможности интеграции с банковскими интерфейсами. Были сформулированы ключевые функциональные требования, включающие автоматическую синхронизацию транзакций, поддержку ручного ввода данных, категоризацию расходов, а также модуль аналитики на основе LLM.

В качестве архитектурного решения была выбрана распределенная трёхуровневая структура:

- сервис управления пользовательскими данными, предназначенный для управления данными пользователей, управления уровнями доступов, выпуска и валидации токенов
- сервис сбора и обработки данных, в рамках которого произведена интеграция с Т-Банк API в рамках которого производится получение сведений о транзакциях пользователя.
- сервис уведомлений, предназначенный для рассылки уведомлений пользователю. В рамках, сервиса произведена интеграция с почтовым API от Yandex.

Техническая реализация выполнена с применением современного веб-фреймворка FastAPI для серверной части, реляционной СУБД (PostgreSQL) для хранения структурированных данных и интеграцию с LLM через API для выполнения задач семантического анализа. Особое внимание уделяется вопросам обеспечения безопасности и сохранения конфиденциальности данных, включая шифрование, аутентификацию и контроль доступа.

Разработанная система позволяет автоматически обрабатывать большие объёмы финансовых данных, снижая необходимость ручного анализа и повышая точность интерпретации расходов. Использование LLM даёт возможность выявлять скрытые паттерны поведения пользователя, формировать персонализированные рекомендации и обеспечивать более высокий уровень финансовой осознанности.

Итогом работы явился прототип интеллектуальной системы управления финансовыми потоками, способной агрегировать данные из различных источников и предоставлять пользователю аналитические отчёты в удобной форме. Система продемонстрировала значительное сокращение времени на обработку финансовой информации и повышение качества принимаемых пользователем финансовых решений, что делает её перспективной для дальнейшего развития и внедрения.

УДК 004.738.5:004.056

КАРЕЗИНА И.Л., МАРТЫНЮК М.В.

ИНСТРУМЕНТ ПАССИВНОГО ОБНАРУЖЕНИЯ IP-ВИДЕОКАМЕР НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА СЕТЕВОГО ТРАФИКА И MAC-АДРЕСОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В работе решается задача оперативного выявления потенциально уязвимых устройств Интернета вещей (IoT) в корпоративных сетях, в первую очередь – систем IP-видеонаблюдения. Проблема актуальна из-за массового распространения камер с известными уязвимостями, отсутствия централизованного учёта таких устройств администраторами и высокого риска их использования злоумышленниками в качестве точек входа в сеть или элементов ботнетов [1]. Существующие решения для сетевого аудита часто являются либо избыточно сложными, либо не специализируются на конкретных типах IoT-устройств.

Данную задачу можно описать как разработку и апробацию специализированного программного инструмента для автоматизированного пассивного обнаружения IP-камер путём

анализа дампов сетевого трафика или результатов сканирования (например, CSV-файлов). Основными критериями для инструмента являются простота использования, скорость работы, минимальное влияние на сеть (пассивный режим) и точность идентификации на основе комбинации признаков.

В результате анализа предметной области, таксономии угроз и существующих решений [2] был выбран и реализован гибридный метод, комбинирующий несколько взаимодополняющих подходов. Основу составляет идентификация производителя по OUI-префиксу MAC-адреса с использованием актуальной локальной базы IEEE. Однако, учитывая, что многие производители камер используют чипсеты сторонних вендоров (например, Realtek), этот признак недостаточен. Поэтому метод был усилен логической фильтрацией по специализированному словарю производителей (vendors.txt), содержащему названия компаний, специализирующихся на системах видеонаблюдения (Dahua, Hikvision, Axis, Bosch, TANTOS и др.). Разработанный на языке Bash скрипт findcameras.sh обладает следующими ключевыми достоинствами: Целевая идентификация: В отличие от общих сканеров, инструмент использует локальную базу производителей камер (vendors.txt) и фильтрует устройства по характерным для видеонаблюдения сетевым меткам.

Пассивность и скрытность: Анализ может проводиться на основе уже захваченных данных (PCAP, CSV), не создавая дополнительного активного трафика, который мог бы быть зафиксирован системами защиты.

Наглядность результатов: Вывод инструмента включает цветовое форматирование, классификацию устройств (например, «вероятно, камера», «мобильное устройство») и отображение дополнительных сведений (диапазон 5 ГГц, зондируемые сети), что ускоряет анализ безопасности.

Преемственность и развитие: Инструмент является развитием предыдущих наработок автора в области анализа беспроводных сетей, что демонстрирует эволюцию от общего обнаружения устройств к решению узкой прикладной задачи в области IoT-безопасности.

Представленный инструмент представляет собой практическое решение для этапа первичной разведки и инвентаризации в процессе аудита безопасности сети. Его использование позволяет быстро составить перечень целевых устройств для последующего углублённого тестирования на проникновение, фокусируя усилия специалистов по безопасности на наиболее критичных точках.

Библиографический список

1. Костин А.А., Черепнев М.А. Анализ уязвимостей в устройствах интернета вещей на примере IP-камер // Труды СПИИРАН. — 2022. — Т. 21, № 2. — С. 321–345.
2. OWASP IoT Security Testing Guide. — URL: https://owasp.org/www-project-iot-security-testing-guide/

УДК 004.852

КЛИМОВА Э.А., ГЕРАСИМОВА А.В., ЕЛИСЕЕВСКИЙ Г.В., БАГИРОВ М.Б.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ TRANSFORMER- И CNN-АРХИТЕКТУР В ЗАДАЧЕ PERSON RE-IDENTIFICATION ПРИ ОГРАНИЧЕННОМ ОБУЧЕНИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Задача personre-identification (ReID) является важным направлением компьютерного зрения, применяемым в системах видеонаблюдения, транспортной безопасности и аналитики поведения. Актуальность исследования обусловлена активным развитием transformer-

архитектур и необходимостью оценки их эффективности по сравнению с классическими сверточными нейронными сетями.

В работе проведён сравнительный анализ моделей TransReID, ResNet50 и OSNet на датасетах Market1501, DukeMTMC и Occluded_Duke при ограничении обучения 30 эпохами, что позволяет приблизить эксперимент к реальным вычислительным условиям. В качестве методов использованы вычислительный эксперимент, обучение моделей в среде Google Colab и оценка качества по метрикам Rank-1 и mean Average Precision (mAP).

Архитектура TransReID, основанная на transformer-подходе с использованием патчевого представления изображения и модулей JPM и SIE, обеспечивает более эффективное извлечение глобальных и локальных признаков по сравнению с CNN-подходами. В отличие от неё, ResNet50 выступает в качестве базовой сверточной модели, а OSNet ориентирована на многомасштабное извлечение признаков.

Полученные результаты демонстрируют преимущество TransReID на всех исследуемых датасетах: на Market1501 (Rank-1 — 93,7%; mAP — 86,1%) и DukeMTMC (Rank-1 — 88,9%; mAP — 79,7%) модель превосходит ResNet50 и OSNet. При этом на датасете Occluded_Duke, характеризующемся частичными окклюзиями, TransReID сохраняет работоспособность (Rank-1 — 63,8%; mAP — 55,8%), что подтверждает её устойчивость к усложнению сцены.

Сравнительный анализ показал, что преимущество transformer-архитектуры возрастает по мере увеличения сложности данных, тогда как сверточные модели демонстрируют снижение точности. При этом ResNet50 превосходит OSNet в условиях ограниченного обучения, что подтверждает её статус более сильной базовой CNN-модели.

Практическая значимость работы заключается в обосновании выбора архитектуры для задач ReID: приоритет следует отдавать transformer-моделям при необходимости высокой точности и устойчивости, тогда как CNN могут использоваться в условиях ограниченных вычислительных ресурсов.

Библиографический список

1. He S., Luo H., Wang P., Wang F., Li H., Jiang W. TransReID: Transformer-based Object Re-Identification // Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision. 2021.
2. [Электронный ресурс] –https://github.com/damo-cv/TransReID
3. Zhou K. et al. Deep Person Re-Identification Benchmark //https://github.com/KaiyangZhou/deep-person-reid
4. [Электронный ресурс] –https://paperswithcode.com/task/person-re-identification

УДК 004.932

КЛИМОВА Э.А., КАПРАНОВ С.Н.

НАЛОЖЕНИЕ ВИДИМЫХ ЦИФРОВЫХ ВОДЯНЫХ ЗНАКОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯ С УЧЕТОМ ИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В работе исследуются адаптивные методы наложения видимых цифровых водяных знаков (ЦВЗ), в которых параметры размещения определяются на основе анализа исходного изображения. В отличие от статического наложения (фиксированные координаты, постоянная прозрачность), адаптивные методы позволяют избежать перекрытия семантически важных областей и повысить устойчивость знака к обрезке.

Основным параметром, влияющим на выбор позиции знака, является карта значимости (saliency map), отражающая визуальную и семантическую важность областей изображения.

Формирование карты значимости может выполняться на основе детекции лиц (каскады Хаара [1]), детекции текста (MSER) или анализа пространственной текстуры (оператор Собеля [1], расчёт локальной энтропии). Чем выше детализация области, тем менее заметен наложенный знак, однако возрастает сложность его удаления.

Прозрачность знака (коэффициент альфа-канала) в адаптивных методах связывают с локальной яркостью фона. В цветовом пространстве HSV яркость вынесена в отдельный канал (Value). Для областей с яркостью Value < 30 или Value > 220 установлено α = 0,7, для областей со средней яркостью (30 ≤ Value ≤ 220) — α = 0,3.

Операция наложения знака описывается уравнением альфа-композиции:

$$C_{result} = C_{watermark} \cdot \alpha + C_{background} \cdot (1 - \alpha),$$

где α — коэффициент прозрачности ($0 \le \alpha \le 1$). При использовании водяных знаков с собственным альфа-каналом (PNG) итоговая прозрачность вычисляется как произведение α и альфа-канала знака.

Критерии оценки качества адаптивного наложения включают объективные метрики: пересечение знака с областями лиц и текста (IoU), долю пикселей знака на границах объектов, среднеквадратичное отклонение яркости в области размещения. Субъективная оценка может выполняться с использованием шкалы MOS [4].

Предложенный подход может быть использован в системах защиты авторских прав и фотохостингах для автоматической маркировки изображений. Адаптивные методы наложения ЦВЗ, основанные на анализе карты значимости и локальной яркости, обеспечивают баланс между заметностью знака и его устойчивостью к удалению. Наибольшая эффективность достигается для изображений с высокой детализацией фона.

Библиографический список

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений / пер. с англ. — Москва : Техносфера, 2006. — 1072 с.
2. Шапиро Л., Стокман Дж. Компьютерное зрение — Москва : ООО «Бином-Пресс», 2009. — 760 с.
3. Wang Z., Bovik A. C. Modern Image Quality Assessment. — San Rafael : Morgan & Claypool Publishers, 2006. — 156 p.

УДК 004.04

КРЫЛОВ С.Н., БЕЗДЕЛЁВ С.В., СТЕПАНЕНКО М.А.

РАЗРАБОТКА МИКРОСЕРВИСНОЙ СИСТЕМЫ ПЕРСОНАЛЬНЫХ РЕКОМЕНДАЦИЙ КОНТЕНТА НА ОСНОВЕ ПРЕДПОЧТЕНИЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Проблема поиска релевантного контента в условиях постоянно растущих каталогов стриминговых сервисов становится всё более актуальной. Пользователи сталкиваются с информационной перегрузкой: стандартные алгоритмы рекомендаций зачастую не учитывают индивидуальные предпочтения в достаточной мере, что снижает качество пользовательского опыта, когда пользователю рекомендуется контенте на основе одного типа, фильмы, сериалы, а не совместно и не учитывают предпочтения из другого типа контента. В связи с этим разработка персонализированных рекомендательных систем представляет значительный практический и научный интерес.

Основной задачей проекта стала разработка распределённой системы рекомендаций фильмов, сериалов и аниме, способной формировать персональные подборки контента на

основе анализа действий пользователя. Дополнительной задачей являлась интеграция ИИ-инструментов для расширения возможностей рекомендательного механизма.

В качестве архитектурного подхода была выбрана микросервисная архитектура как наиболее соответствующая принципам масштабируемости и независимости компонентов. Система состоит из пяти независимых сервисов: сервис аутентификации (SSO), сервис управления каталогом контента, сервис рекомендаций, сервис уведомлений и API Gateway. Межсервисное взаимодействие реализовано посредством двух механизмов: синхронного — через gRPC и Protobuf, и асинхронного — через Apache Kafka. Такое разделение позволяет обеспечить слабую связанность компонентов и устойчивость системы к отказам отдельных сервисов.

В технологической основе системы использовал язык программирования Go, СУБД PostgreSQL для хранения данных о контенте и действиях пользователей, Redis для хранения и обновления JWT-токенов, Apache Kafka для асинхронной передачи событий между сервисами. Контент импортировался автоматически из внешних API: TMDB и AniList.

Рекомендательный механизм реализован на основе контентной фильтрации: система анализирует действия пользователя — просмотры, лайки, дизлайки, добавление в избранное – формирует жанровый профиль и подбирает контент со схожими характеристиками. Дополнительно реализован модуль ИИ-рекомендаций, позволяющий пользователю получать подборку по произвольному текстовому запросу. В качестве базовой модели была использована модель LLaMA 3, управляемая через интерфейс HuggingFace API,

Для повышения производительности импорта данных реализован воркер пул из пяти параллельных обработчиков, что позволило сократить время загрузки 1000 единиц контента с 8 до 2 минут. На часто используемые поля таблицы пользовательских действий добавлены индексы для ускорения запросов рекомендательной системы при росте объёма данных.

Разработанный мной код покрыт юнит и интеграционными тестами с использованием библиотек testify и testcontainers-go языка Go, что обеспечило качество кода. Интеграционные тесты автоматически подключают изолированную базу данных PostgreSQL в Docker-контейнере, что исключает зависимость от внешней инфраструктуры при тестировании. Вся система разворачивается посредством Docker Compose одной командой.

Итогом работы стала полнофункциональная микросервисная система, обеспечивающая персонализированные рекомендации контента на основе предпочтений пользователя. Система готова к развёртыванию и дальнейшему масштабированию за счёт независимости составляющих её сервисов.

УДК 004.056

КУЛИКОВ Д.А.[1], ЖУКОВ М.С.[1,2]

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КРИПТОГРАФИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ НА CPU И GPU

[1]Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева
[2]Нижегородская академия Министерства внутренних дел Российской Федерации

Современные криптографические системы играют ключевую роль в обеспечении конфиденциальности, целостности и аутентичности данных в сетевых сервисах, распределённых системах хранения информации и защищённых каналах связи. В условиях стремительного роста объёмов, обрабатываемых данных и увеличения числа параллельных запросов возрастает нагрузка на вычислительные ресурсы, что предъявляет повышенные требования к производительности криптографических алгоритмов. Наиболее широко используемыми криптографическими примитивами являются блочные шифры и криптографические хеш-функции,

среди которых особое место занимают алгоритм симметричного шифрования AES и хеш-функция SHA-256.

Несмотря на широкое распространение, программные реализации указанных алгоритмов на центральных процессорах не всегда способны обеспечить требуемую производительность при обработке больших объёмов данных в реальном времени. К основным ограничениям CPU-реализаций относятся высокая вычислительная сложность криптографических преобразований, ограниченная эффективность масштабирования при увеличении объёма данных, а также недостаточное использование доступного уровня параллелизма, особенно в задачах, допускающих независимую обработку данных.

В связи с этим актуальной задачей является исследование альтернативных вычислительных подходов, направленных на повышение эффективности криптографических вычислений. Одним из таких подходов является использование графических процессоров, обладающих массивно-параллельной архитектурой и способных выполнять большое количество однотипных операций одновременно. Применение технологии CUDA предоставляет возможность эффективного распараллеливания вычислений за счёт организации большого числа потоков, что особенно актуально для алгоритмов, допускающих обработку независимых блоков данных и сообщений.

Целью данной работы является разработка и сравнительный анализ реализаций криптографических алгоритмов AES и SHA-256 на CPU и GPU с целью оценки прироста производительности и выявления особенностей их параллельного выполнения. В рамках исследования учитываются структурные особенности алгоритмов: возможность независимой обработки блоков данных в AES и параллельная обработка независимых сообщений в SHA-256.

В ходе работы разработаны программные реализации алгоритмов AES и SHA-256 для центрального процессора с использованием механизмов многопоточности, а также их версии для графического процессора с применением CUDA-ядер. Для проведения вычислительных экспериментов сформирован набор тестовых данных различного объёма, позволяющий оценить влияние размера входных данных на эффективность вычислений. Сравнительный анализ проводится по ряду показателей, включая время выполнения, коэффициент ускорения и пропускную способность.

Полученные результаты позволяют определить области эффективного применения GPU для ускорения криптографических алгоритмов, выявить ограничения, связанные с накладными расходами на передачу данных между CPU и GPU, а также установить зависимость эффективности параллельных вычислений от объёма обрабатываемых данных. На основе проведённого анализа сформулированы рекомендации по выбору вычислительной платформы при разработке и проектировании высоконагруженных защищённых информационных систем.

УДК 004.056 : 004.8

МИХЕЕВ И.С.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СРЕДСТВ МОНИТОРИНГА АНОМАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ЖУРНАЛОВ СОБЫТИЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Современные информационные системы характеризуются высокой степенью распределенности и динамичности, что существенно усложняет задачи обеспечения их безопасности. Рост объёмов, обрабатываемых данных приводят к увеличению количества событий, фиксируемых средствами мониторинга. В этих условиях традиционные подходы к обнаружению

инцидентов информационной безопасности демонстрируют ограниченную эффективность. Они слабо адаптируются к новым типам угроз и требуют постоянного сопровождения.

Основная проблема заключается в том, что данные, используемые для анализа, представлены в виде разрозненных журналов событий, формируемых различными компонентами инфраструктуры: операционными системами, сетевыми устройствами, приложениями и средствами защиты информации. Эти данные отличаются по формату, структуре и уровню детализации, содержат значительное количество шума и часто не обладают явной связностью. В результате даже при наличии развитых систем сбора и хранения логов их практическое использование для выявления аномалий остаётся ограниченным [1].

В рамках работы предлагается подход, основанный на применении нейросетевых методов для анализа журналов событий. Предполагается построение конвейера обработки, обеспечивающего сбор, очистку, структурирование и преобразование логов в формат, пригодный для машинного обучения. Ключевым элементом предлагаемого решения является преобразование неструктурированных журналов в последовательности событий с фиксированным набором признаков. Для этого используются методы автоматического парсинга логов, позволяющие выделять шаблоны сообщений и извлекать параметры. На основе полученных данных формируются временные последовательности, отражающие поведение пользователей, процессов и сетевых взаимодействий [2].

На текущем этапе рассматриваются несколько классов моделей. В первую очередь это рекуррентные нейронные сети (LSTM, GRU) позволяющие моделировать последовательности событий и выявлять отклонения в их структуре. В случаях, когда разметка данных затруднена, рассматриваются автоэнкодеры, позволяющие выявлять аномалии на основе ошибок восстановления.

В качестве направления дальнейшего развития предполагается переход к более высокоуровневому анализу, включающему выявление последовательностей действий, соответствующих этапам атак. Разработка и внедрение подобных решений позволит сократить время обнаружения инцидентов, повысить точность выявления сложных атак и снизить нагрузку на специалистов по информационной безопасности. В перспективе это создаёт основу для построения интеллектуальных систем мониторинга.

Библиографический список

1. Новиков Е. А., Краснопевцев А. А. Сравнительный анализ методов обнаружения вторжений // Безопасность информационных технологий. — 2012. — № 2. — С. 49–54.
2. Du M., Li F., Zheng G., Srikumar V. DeepLog: Anomaly Detection and Diagnosis from System Logs // Proceedings of the 2017 ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security (CCS). — Dallas, USA, 2017. — P. 1285–1298.

УДК 004.93

ОПАРИН С.А., ТИМОФЕЕВА О.П.

МЕТОД АНАЛИЗА КИНЕМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АРТИКУЛЯЦИИ ГУБ НА ОСНОВЕ ТРЕКИНГА КЛЮЧЕВЫХ ТОЧЕК

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Сегодня мы стоим на пороге кризиса доверия к визуальной информации. Генеративные нейросети научились создавать лица, неотличимые человеческим глазом от реальных. Мы задались вопросом: подчиняется ли синтезированная артикуляция законам биомеханики движения реальных мышц, в частности, круговой мышцы рта. Методы компьютерного зре-

ния позволяют автоматизировать поиск нехарактерных для реальных людей движений губ. Анализ взаимного движения ключевых точек может стать надёжным инструментом для детектирования сгенерированных лиц.

Суть метода. Мы перешли от анализа статичных текстур к анализу кинематических характеристик движения губ во фронтальной плоскости. В инструменте используется две модели нейронных свёрточных сетей для выявления в кадре, во-первых, нахождение лица, во-вторых, двенадцати ключевых точек внешнего контура губ, образующих замкнутый полигон. В качестве стабильной точки отсчета используется точка на спинке носа. [1]

Математическая модель кинематики губной артикуляции. Введем систему координат O_{xy}, жестко связанную с фронтальной плоскостью кадра. Пусть $P_0(x_0,y_0)$ — стабильная анатомическая точка отсчета на спинке носа.

Определим множество ключевых точек контура губ как упорядоченный вектор состояний:

$$\mathbf{L}_t = \left\{ P_i\left(x_i\left(t\right), y_i\left(t\right)\right)\right\}, i \in \left\{1,...,12\right\},$$

где t — номер кадра видеопоследовательности.

Линейная кинематика. Модуль линейной скорости (скорость артикуляционного сдвига) в дискретном времени Δt вычисляется по формуле:

$$v_i(t) = \frac{\left\| D_i(t) - D_i(t-1) \right\|}{\Delta t}$$

Угловая кинематика. Пусть положение i-й ключевой точки относительно референса P_0 в момент времени t задаётся вектором:

$$\vec{R}_i(t) = (x_i(t), y_i(t)) \ .$$

Угол направления вектора $R_i(t)$ в полярной системе координат:

$$\varphi_i(t) = arctg(\frac{y_i(t)}{x_i(t)}) \ .$$

Угловая скорость $\omega_i(t)$ определяется как модуль производной угла по времени:

$$\omega_i(t) = \frac{d\varphi_i(t)}{dt} \ .$$

В дискретной форме с шагом Δt между кадрами:

$$\omega_i(t) = \left| \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} \right| = \left| \frac{\varphi_i(t) - \varphi_i(t-1)}{\Delta t} \right|$$

Наша гипотеза основана на фундаментальном различии природы движения: Реальное движение: Сокращение мышцы рта – это физиологически обусловленная сфера. Движения симметричны, инерционны и подчиняются логарифмическому закону управления моторикой. Сгенерированное движение – это результат интерполяции латентного пространства, вероятностная оценка точности совпадения с обучающим набором данных, а не решение обратной задачи динамики мышц.

Предложенный метод анализа кинематики артикуляции позволяет алгоритмически, без анализа метаданных файла, выявить подмену. Это не просто детектор генерации видео, речь идёт о верификаторе биомеханической достоверности.

---

1. **Amin, N. A.** A comparative study of facial feature extraction using mtcnn, retinaface and dlib face detector for personality traits recognition // Malaysian Journal of Computer Science. – 2025. – Т. 38. – №. 2. – С. 22-38.

УДК 004.056.5

ПАНКРАТОВ М.Е., ДМИТРИЕВ Д.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ, СРАВНЕНИЕ И ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЯ ИНСТРУМЕНТОВ ШИФРОВАНИЯ ДАННЫХ (AES, RSA, BLOCKCHAIN-BASED)

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Исследование и сравнение инструментов шифрования данных (симметричных AES-256-GCM и ChaCha20-Poly1305, асимметричных RSA-4096 и ECC, а также blockchain-based решений) актуально для предприятий с большими объёмами данных, угрозой ransomware и квантовой угрозой. Особенно важно это для компаний с крупными массивами резервных копий, где скорость шифрования и дешифрования напрямую влияет на производительность бэкапов и восстановления систем.

В рамках работы разработаны пять тестовых программ на python с использованием библиотеки cryptography: AES-256-GCM, RSA-4096, ECC (X25519), ChaCha20-Poly1305 и имитация blockchain-based шифрования (AES + запись хэша и метаданных в mock-блокчейн с имитацией сетевой задержки 2 секунды). Тестирование проводилось на файлах объёмом 5 МБ с замерами времени шифрования/дешифрования, загрузки процессора и оперативной памяти.

Результаты показали, что RSA-4096 значительно уступает ECC по скорости и уязвим к квантовой атаке Шора. Поэтому в асимметричном шифровании рекомендуется полный переход на ECC (X25519).

В симметричном шифровании выбор алгоритма зависит от аппаратной платформы: на современных процессорах (с 2010 года) с поддержкой AES-NI быстрее и эффективнее работает AES-256-GCM. На старом оборудовании (до 2010 года) предпочтительнее ChaCha20-Poly1305 - он не требует специальной аппаратной поддержки и показывает более стабильную производительность.

Гибридный подход (AES-256-GCM или ChaCha20-Poly1305 + ECC) обеспечивает оптимальное сочетание высокой скорости, безопасности, квантовой устойчивости и минимального влияния на производительность инфраструктуры.

Blockchain-based решения предлагают ZTA (zero-trust архитектуру), неизменяемые логи и децентрализованное управление ключами, однако из-за сетевых задержек существенно снижают скорость операций. В реальности для шифрования резервных копий в крупном бизнесе преимущественно используются симметричные алгоритмы AES с централизованным или хорошо управляемым хранением ключей. Поэтому blockchain-решения целесообразно рассматривать только в специфических сценариях с крайне высокими требованиями к прозрачности и отсутствию единой точки отказа.

Для компаний любого размера наиболее рациональным, производительным и экономически оправданным решением для шифрования резервных копий остаётся симметричное шифрование с использованием AES-256-GCM или ChaCha20-Poly1305. Этот подход доминирует в реальной корпоративной практике, поскольку обеспечивает высокий уровень защиты при отличной производительности, простоте масштабирования и совместимости с системами резервного копирования. Асимметричное шифрование на базе ECC (X25519) рекомендуется применять дополнительно для безопасной передачи симметричных ключей (например, между филиалами) или защиты мастер-ключей.

По итогам сравнения всех инструментов по ключевым критериям (скорость, безопасность, квантовая устойчивость, стоимость внедрения, аппаратная совместимость и применимость в разных типах бизнеса) разработаны практические рекомендации по выбору алгоритмов в зависимости от размера компании, возраста оборудования и требуемого уровня защиты.

УДК 004.056.5

ПЛЮСНИН Е.П., КАПРАНОВ С.Н.

ГЛУБОКОЕ СКРЫТИЕ ДАННЫХ В ИЗОБРАЖЕНИЯХ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЛОЧНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В условиях непрерывной эволюции киберугроз разработка надежных механизмов скрытия данных в цифровых контейнерах становится одной из приоритетных задач информационной безопасности. Классические подходы, такие как метод наименьшего значащего бита (LSB), постепенно теряют свою актуальность из-за уязвимости к методам статистического стегоанализа. Качественный скачок в этой области произошел с внедрением архитектур глубокого обучения (Deep Steganography), позволяющих реализовать адаптивное встраивание, при котором нейронная сеть анализирует контекст контейнера и модифицирует его элементы таким образом, чтобы изменения оставались незаметными как для человеческого зрения, так и для автоматических детекторов [1].

Однако применение нейросетевых методов к изображениям высокого разрешения сопряжено с рядом технических трудностей. Классические архитектуры, как правило, требуют фиксированного размера входного тензора. Это вынуждает либо масштабировать изображение, что приводит к потере детализации и качества, либо обрабатывать его целиком, что вызывает переполнение видеопамяти.

В данной работе предлагается эффективный блочно-ориентированный метод. Архитектура системы построена по принципу Encoder-Decoder, где в качестве основы используется модифицированная сеть U-Net. Encoder отвечает за внедрение информационного сообщения (вектор 128 бит) в исходное изображение, формируя стегоконтейнер. Decoder, имеющий симметричную архитектуру, выполняет обратную задачу извлечения скрытых данных.

Обучение модели проводилось с использованием комбинированной функции потерь, которая балансирует между скрытностью и надежностью (1):

$$L_{total} = \alpha * L_{img} + \beta * L_{msg} + L_{tv} + L_{color}, \qquad (1)$$

где α – коэффициент качества изображения, β – коэффициент качества скрытия данных, L_{img} (MSE) отвечает за визуальную идентичность контейнера и оригинала, L_{msg} (BCE) минимизирует ошибки извлечения битов сообщения, L_{tv} обеспечивает гладкость изменений, подавляя высокочастотный шум, а L_{color} контролирует равномерность цветового распределения.

Экспериментальные исследования показали высокую эффективность предложенного подхода. В ходе обучения в течение 20 эпох удалось достичь быстрой сходимости модели. Метрика визуального качества PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio) продемонстрировала рост до уровня 47.6 дБ. Уровень ошибок извлечения информации (BER) снизился до значений менее 10^{-4}, что гарантирует практически безошибочное восстановление скрытого сообщения.

---

1. Николаев, А. А. Расширение и исследование метода сокрытия информации Deep Steganography / А. А. Николаев // Прикладная дискретная математика. Приложение. – 2021. – № 14. – С. 146-148.

УДК 621.9.048, 004.056.5

ПРИГАРИНА В.А., ШАГАЛОВА П.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА ОТ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО РЕВЕРС-ИНЖИНИРИНГА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Современное аддитивное производство (далее — АП) столкнулось с серьёзной угрозой - реверс-инжинирингом, который позволяет незаконно воспроизводить сложные изделия без значительных затрат на разработку. Существующие методы защиты, такие как шифрование файлов или цифровые водяные знаки, неэффективны против физического сканирования готовых объектов, что создаёт «цифровой разрыв» между защитой данных и защитой материального изделия. Цифровые водяные знаки, внедрённые в STL-файл, стираются при конвертации в облако точек 3D-сканером, а шифрование G-кода бесполезно против оцифровки уже готового физического образца.

Для достижения поставленной цели была выполнена разработка алгоритмического комплекса для скрытого маркирования CAD-моделей и оценки устойчивости меток к реверс-инжинирингу.

В данной работе рассматриваются алгоритмы и архитектура программного пайплайна для реализации двунаправленной защиты объектов аддитивного производства от реверс-инжиниринга на основе скрытых геометрических меток. В качестве меток выбраны микрополости, поскольку они:

- технологичны для большинства методов АП;
- не влияют на функциональные свойства при размещении в малозагруженных зонах;
- их сложно детектировать оптическим сканером, но возможно методами томографии.

В ходе работы для реализации и тестирования концепции двунаправленной защиты был разработан программный пайплайн на языке Python, выбранном благодаря его гибкости, богатой экосистеме библиотек для научных вычислений и поддержке работы с геометрическими данными. Концепция называется двунаправленной, поскольку она обеспечивает защиту на двух взаимодополняющих этапах: пассивную верификацию подлинности для правообладателя через обнаружение меток методами неразрушающего контроля и активное противодействие копированию через создание контролируемых искажений при несанкционированном сканировании.

Пайплайн построен по модульному принципу, где каждый модуль обслуживает обе функции защиты и интегрирует специализированные библиотеки для каждой стадии исследования. Его архитектура включает последовательные модули, отвечающие за анализ модели, генерацию и внедрение меток, симуляцию процесса 3D-сканирования с введением шума и артефактов, а также реконструкцию и сравнительный анализ результатов. Вспомогательно использовались среды КОМПАС-3D, Blender и система контроля версий Git.

Таким образом, весь пайплайн представляет собой целостную среду, позволяющую в автоматическом режиме провести полный цикл исследования: от модификации модели до оценки эффективности защиты. Он позволяет:

1. Получить маркированную модель, пригодную для производства.
2. Смоделировать атаку реверс-инжиниринга.
3. Получить количественную оценку того, насколько успешно метка выполнила пассивную обнаружилась ли в «защищённой» копии и активную какие искажения внесла роли.

Разработанный пайплайн является инструментом для *in silico* исследований и не учитывает всех физических особенностей реальных процессов, например, влияние материала на разрешение томографии, что задаёт направления для дальнейшей валидации метода.

УДК 681.536, 631.171

РОЗЕНВАЙН Р.О., ТОКАРЕВ С.В.

АЛГОРИТМ ДИСКРЕТНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ДЛЯ ИНЕРЦИОННЫХ ОБЪЕКТОВ С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Процессы сушки требуют стабилизации температурного режима в узком допустимом диапазоне в отсутствии перерегулирования. Объекты управления характеризуются тепловой инерционностью, транспортным запаздыванием и переменными параметрами, а также использованием исполнительных механизмов с дискретным принципом действия.

В научно-технической литературе для регулирования температуры широко описываются применение ПИ/ПИД-регуляторов [1], и методы компенсации запаздывания и прогнозного управления [2]. Для систем с дискретным воздействием рассматриваются релейные и нелинейные алгоритмы управления [3], а также событийно-ориентированные подходы, предполагающие ограничение частоты управляющих воздействий [4].

Большинство приведённых методов либо ориентированы на непрерывные исполнительные механизмы, либо не учитывают одновременного влияния запаздывания и дискретного характера управления. В результате при их применении возможно накопление управляющих воздействий и возникновение колебательных режимов.

В связи с этим к алгоритму регулирования предъявляются следующие требования: обеспечение устойчивости при наличии запаздывания, учёт динамики изменения температуры, ограничение частоты управляющих воздействий и минимизация перерегулирования вблизи уставки.

В работе рассматривается алгоритм дискретного регулирования, основанный на комбинировании принципов релейного, зонального и прогнозного управления. Формирование управляющего воздействия осуществляется на основе упреждающей оценки ошибки, определяемой выражением:

$$e_p = e(t) + k \cdot \frac{de(t)}{dt},$$

где $e(t)$ — текущее отклонение температуры, $\frac{de(t)}{dt}$ — скорость её изменения, k— коэффициент упреждения.

Использование прогнозируемой ошибки позволяет учитывать тенденцию изменения регулируемой величины и формировать управляющее воздействие с опережением, что снижает влияние запаздывания. Алгоритм реализует зональную логику управления с различной интенсивностью воздействия в зависимости от величины отклонения, а также вводит ограничение минимального интервала между управляющими импульсами, что соответствует подходам событийного управления.

Предложенный подход обеспечивает согласование закона управления с динамическими свойствами объекта и дискретным характером исполнительного механизма, что позволяет повысить устойчивость процесса регулирования и снизить вероятность перерегулирования.

Библиографический список

1. Åström K.J., Hägglund T. PID Controllers: Theory, Design, and Tuning. – Research Triangle Park: ISA, 1995.
2. Camacho E.F., Bordons C. Model Predictive Control. – London: Springer, 2007.
3. Åström K.J., Murray R.M. Feedback Systems: An Introduction for Scientists and Engineers. – Princeton: Princeton University Press, 2008.
4. Heemels W., Johansson K.H., Tabuada P. An introduction to event-triggered and self-triggered control // Proc. IEEE Conf. on Decision and Control. – 2012. – P. 3270–3285.

УДК 004.832.2

СЕРГЕЕВ О.А., БУХНИН А.В.

ЛОКАЛЬНАЯ ГЕНЕРАЦИЯ ПРОГРАММНОГО КОДА ПО ОПИСАНИЮ НА ЕСТЕСТВЕННОМ ЯЗЫКЕ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Генерация программного кода по текстовому описанию может значительно повысить эффективность разработки программного обеспечения. Применение облачных агентов ограничено требованиями информационной безопасности и нормами локализации данных. В Российской Федерации их использование усложняется геоблокировкой. В таких условиях актуальной является разработка агента генерации кода, функционирующего на локальной инфраструктуре.

В ходе научно-исследовательской работы был реализован локальный агент генерации кода на основе модели Qwen2.5-Coder-7B-Instruct в формате GGUF с квантизацией Q4_K_M. Логический вывод выполняется сервером llama.cpp. Взаимодействие с агентом осуществляется через OpenAI-совместимый API. Агент построен по шаблону ReAct: на каждом шаге модель рассуждает о состоянии задачи и вызывает один из инструментов — чтение файла, запись файла, просмотр директории или запуск кода в изолированном Docker-контейнере — для сбора контекста, модификации файлов или проверки корректности сгенерированного кода. Результат возвращается модели как наблюдение и определяет следующий шаг. Цикл продолжается до тех пор, пока модель не посчитает задачу решённой, либо до достижения предельного числа итераций.

Тестирование проведено на бенчмарке HumanEval (164 задачи) на платформе с графическим процессором NVIDIA RTX 3090 (24 ГБ VRAM) в режиме float16 с длиной контекста модели в 16 384 токена и с максимальным числом итераций, равным восьми.

Таблица 1
Результаты тестирования агента на HumanEval

Метрика	**Значение**
Количество задач	164
Решено задач	133
pass@1	0,811 (81,1 %)
Среднее число итераций ReAct	1,45
Среднее число сгенерированных токенов	389,3
Среднее время выполнения задачи, с	9,35
Пиковое потребление VRAM, МБ	5873,4
Средняя загрузка GPU, %	45,0

Значение pass@1 = 0,811 сопоставимо с показателями ряда облачных решений и подтверждает применимость локально развёрнутых моделей с квантизацией Q4 для генерации кода. Среднее число итераций 1,45 свидетельствует об активации механизма самокоррекции примерно в 45% задач, что подтверждает целесообразность шаблона ReAct. Пиковое потребление видеопамяти (≈ 5,9 ГБ) и средняя загрузка GPU 45% показывают реализуемость агента на рабочей станции с единичным графическим процессором при наличии запаса ресурсов для параллельной обработки запросов. Таким образом, предложенная архитектура обеспечивает приемлемое качество генерации кода при полном сохранении данных на локальном контуре, что расширяет область применения агентов генерации кода на задачи, в которых передача исходного кода во внешние облачные сервисы недопустима. В отличие от сущест-

вующих локальных агентов, ориентированных на автодополнение кода или чат-взаимодействие, предложенный агент реализует полный цикл итеративной самокоррекции с объективной проверкой работоспособности сгенерированного кода в изолированной среде.

УДК 004.382.4

СИМОНОВА Д.В., ШАГАЛОВА П.А.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ФОКУСИРОВКИ ДЛЯ УМНОГО МИКРОСКОПА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В задачах промышленного и медицинского анализа изображений микроскопии критически важна оперативная и точная фокусировка. В рамках разработки «Умный микроскоп» необходимо решить задачу автоматизации фокусировки, которая должна обеспечивать быстрое получение четкого скана препарата без участия пользователя.

Для решения этой задачи разработан алгоритм автоматической фокусировки, обеспечивающий настройку автоматизированной системы анализа изображений микроскопии без участия пользователя. Также проведено исследование различных метрик четкости изображения и подобрано несколько вариантов, наиболее подходящих для анализа двух видов изображений: изображения сыпучих препаратов и сканы биологических материалов.

Предлагаемый алгоритм автоматической фокусировки состоит из нескольких этапов. После установки оптической системы в крайнее положение, начинается этап первичного поиска зоны фокусировки, на котором с шагом в 25% от глубины резкости объектива идет сканирование препарата и оценка каждого скана с помощью метрики первичного сканирования. Таким образом получается массив оценок четкости изображения, из которых выбирается лучшее значение метрики – это определяет зону дальнейшей точной настройки. Этап точной настройки проходит в рамках, обнаруженных на предыдущем этапе зон, с шагом сканирования, уменьшенным в 5 раз, и с использованием метрики точной настройки. Пока её значение увеличивается – движение в этом направлении продолжается, как только значение ухудшается шаг опять уменьшается в 5 раз и объектив начинает двигаться в противоположном направлении. Этот процесс проходит 3 итерации, после чего система двигается к следующей потенциальной области фокуса, если таковая имеется.

С помощью экспериментов были выявлены самые подходящие метрики четкости изображения в рамках сканирования сыпучих препаратов и биологических материалов – градиент Тененгарда, дисперсия Лапласиана и нормированная дисперсия. Градиент Тененгарда показывает высокую скорость оценки изображений – 10-15мс для изображений 512x512 пикселей, высокую устойчивость к шуму на изображении, и высокую точность получаемой оценки, но сильно зависит от выбранного на начале работы порогового значения, что требует дополнительной подготовки системы. Дисперсия Лапласиана, работает медленнее – 12-16 мс, так как требует большей вычислительной мощности, но дает очень точную оценку четкости изображения и так же устойчива к шуму и хорошо определяет четкость текстурных образцов. Нормированная дисперсия работает быстро 3-5мс, дает неплохую точность, достаточно устойчива к шуму, и не так сильно зависит от уровня освещения, как другие метрики, что делает эту метрику хорошим выбором для оценки слабоконтрастных объектов.

Из полученных данных следует, что в ситуации, когда есть возможность предварительно настроить пороговое значение для градиента Тененгарда – его можно использовать в комбинации с дисперсией Лапласиана для оценки четкости изображений сыпучих препаратов. Для биологических препаратов лучше использовать нормированную дисперсию в комбинации с дисперсией Лапласиана.

Таким образом был разработан алгоритм автоматической фокусировки для системы «Умного микроскопа», а также подобраны и проанализированы метрики, использующиеся в рамках этого алгоритма.

УДК 519.178

СКВОРЦОВА Д.А., КАПРАНОВ С.Н.

АНАЛИЗ КОНТРОЛЕПРИГОДНОСТИ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ, ПРЕДСТАВЛЕННЫХ ОРИЕНТИРОВАННЫМИ ГРАФАМИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Современный технологии с каждым днем превращаются в более сложные цифровые экосистемы, состоящие из взаимозависимых блоков. Если нарушится работа одного элемента, то по цепочки связей может быть вызван отказ всей системы, причем чем сложнее инфраструктура, тем критичнее и масштабнее последствия. Поэтому повышая эффективность системы, мы сталкиваемся с увеличением системных рисков, которые показывают, что надежность любой системы критически важна, вне зависимости от размеров.

Статическая установка датчиков на все узлы системы экономически не выгодна.

Для преодоления данной проблемы следует стремится к адаптивной системе «наблюдения», которая бы анализировала текущее состояние системы и динамически определяла бы приоритетные точки контроля.

Задача разрабатываемого решения – создать инструмент, который будет решать все изложенные проблемы, а также находить баланс. Нам нужны минимум точек контроля для экономии и максимум эффективности диагностики для безопасности и гибкость, чтобы подстраиваться под любые изменения конфигурации.

Опишем все это формальным языком. Пусть *G=(V,E)* – ориентированный граф моделирующий работу динамической системы, где V – множество вершин графа (блоков системы), E – направленные связи между блоками. Необходимо найти такое подмножество $S^* \subseteq V$, чтобы количество точек контроля было минимальным, при этом обеспечивая контроллепригодность системы равную максимальному значению:

$$S^* = min\,|S| \text{ при условии } КГП(S) \to 1, \quad (1)$$

Данная постановка задачи гарантирует полную наблюдаемость системы, при минимизации точек контроля, достигая баланса между экономичностью размещения датчиков и надежностью диагностики.

Предложенным методом решения поставленной проблемы является алгебраическое моделирование. Для нашей задачи мы представляет любую динамическую систему в виде ориентированного графа, что позволит оптимизационным алгоритмам выявить набор точек контроля, которые бы удовлетворяли условию (1). После прохождения режима инициализации графа, пользователь способен настроить режимы работы графа (активные и неактивные ребра). Сохраненные режимы составляют множество $G^* = \{G_1, G_2 \dots G_n\}$, где n – количество режимов работы системы. Для множества G^* решается np-сложная задача, результатом которой является множество S^*. Для анализа любой графой модели необходимо расположить вершины так, чтобы выполнялись условия:

- минимизация наложения ребер;
- минимизация пересечений;
- равномерное распределение вершин;
- сохранение структурных особенностей;
- ориентация направленных ребер.

Для достижения визуальной ясности и читаемости графов, был разработан алгоритм, который анализирует топологию связей и располагает вершины по трем слоям: слой входных

вершин, слой промежуточных вершин, слой выходных вершин. Применяемый гибридный подход разбивает промежуточный слой на иерархические подуровни, с использованием последующей физической оптимизации. Такой подход обеспечивает равномерное распределение вершин вдоль потоков данных, минимизирует пересечения рёбер и подчёркивает естественную структуру графа – от источников к потребителям информации.

УДК 004.057.4

СМИРНОВ И.А., ЕЛИСЕЕВСКИЙ Г.В., ПОНОМАРЕВА Е.А., МОКЕЕВ И.А., МОИСЕЕВ А.Е.

РАЗРАБОТКА СЕТЕВОГО ПРОТОКОЛА ДЛЯ MESH СЕТИ НА БАЗЕ НИЗКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ И ЧИПОВ LORA

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Современное развитие Интернета вещей предъявляет высокие требования к беспроводным сетям, которые должны обеспечивать широкое покрытие, низкое энергопотребление, высокую надежность и возможность работы в сложных условиях среды. Среди технологий, отвечающих этим требованиям, особое место занимают сети Low Power Wide Area Networks (LPWAN), в частности, решения на базе чипа LoRa (Long Range) и протокола верхнего уровня LoRaWAN. Эти технологии, использующие нелицензируемые частотные диапазоны (например, 868 МГц в Европе или 915 МГц в США), позволяют организовывать энергоэффективные сети с дальностью связи до нескольких десятков километров в идеальных условиях, что делает их востребованными в таких областях, как умные города, сельское хозяйство, промышленный IoT, мониторинг окружающей среды и удалённая инфраструктура.

Целью данной работы является разработка сетевого mesh протокола для низкопроизводительных устройств. В качестве примера целевого устройства рассмотрен микроконтроллер Atmega328P и LoRa модуль на базе микроконтроллера SX1262. Преимуществами такого набора устройств является энергоэффективность. Ограниченность вычислительных ресурсов ATmega328P и SX1262 выступает естественным архитектурным ограничителем, направляющим процесс проектирования протокола в сторону минимализма и высокой эффективности. Такой подход позволяет изначально сформировать протокол с оптимальным соотношением функциональности и накладных расходов, что критически важно для сетей с низкой пропускной способностью и строгими требованиями к энергопотреблению.

В протоколе было выделяется четыре уровня, что соответствует модели TCP/IP: канальный, сетевой, транспортный, прикладной. Среди существующих подходов к маршрутизации был выбран гибридный подход. Из всех узлов выделяется некоторое подмножество узлов, которые назовем ключевыми узлами. Ключевые узлы выбираются исходя из текущей топологии сети. Все узлы раз в фиксированное время посылают информацию о себе в сеть. На основе данных посылок формируются таблицы маршрутизации. Ключевые узлы между собой общаются, используя лавинную маршрутизацию. Ключевые узлы помогают перенаправлять пакеты между удаленными узлами.

Полученный сетевой протокол позволяет эффективно использовать аппаратные ресурсы и увеличить среднюю скорость передачи данных внутри сети за счет того, что узлы, находящиеся рядом, “сжимаются” в некоторую компоненту, по которой пакет не передается без необходимости. Отсюда следует, что данный протокол будет эффективен в сетях высокой плотностью узлов.

УДК 004.89

ТУРЦЕВ А.О., МАРТЫНЮК М.В.

СИСТЕМА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ПОИСКА ПО МУЛЬТИМОДАЛЬНЫМ ДАННЫМ НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ВЕКТОРНЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ И ГЕНЕРАТИВНЫХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Организации сегодня хранят большие объёмы разнородных данных – от внутренних регламентов в формате PDF до аудиозаписей рабочих совещаний. Когда сотруднику нужно найти конкретный факт, он вынужден вручную просматривать десятки файлов, потому что стандартный полнотекстовый поиск (TF-IDF, BM25) сопоставляет слова, а не смысл, и к тому же бесполезен для аудио или изображений. В данной работе рассматривается подход, позволяющий объединить поиск по нескольким модальностям и сразу получать связный ответ, а не набор ссылок.

Система построена по схеме RAG [1]: сначала из проиндексированной базы извлекаются фрагменты, похожие на запрос, а потом языковая модель на их основе составляет ответ. Конвейер обработки выглядит так. Документы (PDF, DOCX, а также аудиофайлы и изображения) загружаются и переводятся в текст. Текст нарезается на фрагменты: в экспериментах использовались размеры 256, 512 и 1024 символа с различным перекрытием. Каждому фрагменту модель Sentence-Transformers [2] сопоставляет вектор, и все векторы попадают в индекс FAISS [3], где поиск ближайших соседей работает за доли секунды даже на процессоре без видеокарты. По запросу пользователя система находит несколько наиболее близких фрагментов и отдаёт их генеративной модели вместе с исходным вопросом.

Аудиозаписи перед индексацией транскрибируются моделью Whisper, а содержание изображений описывается мультимодальной моделью, тем самым все данные сводятся к единому текстово-векторному представлению. Отдельно стоит отметить гибридный режим поиска: к семантическому сходству добавляется лексическая компонента BM25. Кроме того, результаты дополнительно переранжируются моделью попарного сравнения; на практике это заметно снизило число нерелевантных фрагментов в первых пяти позициях выдачи.

Экспериментальная часть строилась на корпусе из 15 технических PDF-документов на русском языке и 20 тестовых вопросов с эталонными ответами. Перебирались комбинации размера фрагмента, перекрытия и стратегии нарезки; качество оценивалось через точность (Precision@k), полноту (Recall@k) и среднюю обратную позицию первого верного результата (MRR). Важный практический вывод: мультиязычная модель multilingual-e5-large превзошла англоязычную all-MiniLM-L6-v2 по MRR на 15–20%, что объяснимо, так как вторая модель не обучалась на русских текстах. Оптимальной оказалась нарезка по 512 символов с перекрытием 64 при рекурсивной стратегии.

Прототип реализован на Python: LangChain в качестве каркаса, FAISS для индекса, генерация ответов через локально запущенную модель Mistral (Ollama). Всё работает на одной машине без выхода в облако — для документов с ограниченным доступом это существенно. Область применения результатов - корпоративные базы знаний, справочные системы по технической документации, образовательные платформы.

Библиографический список

1. Lewis, P. Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks / P. Lewis, E. Perez, A. Piktus [идр.] // Advances in Neural Information Processing Systems. — 2020. — Vol. 33. — P. 9459–9474.
2. Reimers, N. Sentence-BERT: Sentence Embeddings using Siamese BERT-Networks / N. Reimers, I. Gurevych // Proceedings of EMNLP-IJCNLP. — 2019. — P. 3982–3992.

3. Johnson, J. Billion-scale similarity search with GPUs / J. Johnson, M. Douze, H. Jégou // IEEE Transactions on Big Data. — 2021. — Vol. 7, No. 3. — P. 535–547.

УДК 004.056

ЧЕРНЫШОВА С.А., НАЖИМОВА Н.А.

ВРЕМЕННЫЕ СЕАНСОВЫЕ КЛЮЧИ КАК СРЕДСТВО ЛОКАЛИЗАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ КОМПРОМЕТАЦИИ В ПРОТОКОЛАХ ЗАЩИЩЁННОГО ОБМЕНА ДЛЯ ПАУ-СЕТЕЙ

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

В распределённых системах с подвижными автономными устройствами (ПАУ) компрометация отдельного узла не должна приводить к раскрытию всех данных сети. В работе предлагается протокол защищенного обмена, в котором для ограничения срока действия криптографического материала и изоляции последствий компрометации используются временные сеансовые ключи.

Протокол сопоставляет каждому временному интервалу фиксированной длительности Δt уникальный сеансовый ключ K_i. Ключ вырабатывается как функция

$$K_i = F(secret, nonce_A, nonce_B, window_i)$$

где K_i – сеансовый ключ, который используется для защиты данных в течение временного интервала с номеромi, i – номер текущего временного окна (интервала), F– функция выработки ключа, *secret*– начальный секрет (долговременный ключ или мастер-секрет), который известен только легитимным узлам и используется как основа для генерации всех сеансовых ключей,$nonce_A$ – случайное одноразовое число, сгенерированное узлом А (инициатором сеанса), $nonce_B$ – случайное одноразовое число, сгенерированное узлом В (ответчиком), $window_i$ – идентификатор временного окна.

Все сообщения в пределах интервала i защищаются ключом K_i. По истечении Δt выполняется автоматическая ротация: K_i аннулируется, для следующего интервала $i+1$ вычисляется K_{i+1} на основе текущего контекста без прерывания обмена данными.

Выбор Δt определяется компромиссом между безопасностью и производительностью: слишком короткий интервал увеличивает частоту ротации и служебный трафик, слишком длинный – повышает ценность потенциально скомпрометированного ключа. В предлагаемой реализации Δt может динамически адаптироваться (от секунд до минут) в зависимости от плотности узлов и условий среды. Ротация выполняется по схеме «запрос–ответ» с коротким перекрытием использования старого и нового ключей, что гарантирует целостность обмена на границе интервалов [1].

При компрометации узла злоумышленник получает доступ только к ключам, активным в момент захвата, и не может расшифровать трафик других временных интервалов или взаимодействий с другими узлами. Это достигается за счёт изоляции сеансов (каждая пара «узел А – узел В» использует независимый набор ключей) и привязки ключа к временному окну. Предложенный механизм снижает нагрузку на управление ключами и исключает необходимость централизованного отзыва, что делает его применимым в децентрализованных ПАУ-сетях [2].

Библиографический список

1. Perrig A., Stankovic J., Wagner D. Security in Wireless Sensor Networks // Communications of the ACM. – 2004. – Vol. 47, No. 6. – P. 53–57.

2. Eschenauer L., Gligor V.D. A Key-Management Scheme for Distributed Sensor Networks // ACM CCS. – 2002. – P. 41–47.

УДК 004.7

ШИГОНЦЕВА А.А., МАРТЫНЮК М.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОБНАРУЖЕНИЯ VPN-СОЕДИНЕНИЙ В КОРПОРАТИВНЫХ СЕТЯХ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА СЕТЕВОГО ТРАФИКА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В работе рассматривается задача мониторинга и обнаружения неавторизованных VPN-подключений в корпоративных сетях, что является актуальной проблемой в условиях роста использования шифрованных туннелей для обхода политик безопасности и скрытой передачи данных. Проблема усугубляется распространением современных протоколов с усиленным шифрованием (таких как WireGuard, OpenVPN), а также применением методов обфускации, маскирующих VPN-трафик под легитимный веб-трафик (например, HTTPS) [1]. Это создаёт серьёзные риски для информационной безопасности организаций, включая угрозы утечек конфиденциальной информации и скрытых кибератак.

Задачу исследования можно определить, как проведение сравнительного анализа существующих методов и инструментов обнаружения VPN-трафика, разработку и экспериментальную апробацию методики его выявления на основе анализа метаданных сетевых соединений. При выборе и оценке методов учитывались такие критерии, как точность детектирования, устойчивость к шифрованию и маскировке, вычислительная ресурсоёмкость, а также возможность работы в режиме, близком к реальному времени.

В результате проведённого анализа подходов к обнаружению VPN-трафика [2] было установлено, что классические методы глубокого анализа пакетов (DPI) теряют эффективность при работе с современными шифрованными протоколами. Наиболее перспективным направлением является использование гибридных методов, сочетающих flow-анализ метаданных (таких как длительность сессии, размеры и интервалы пакетов, энтропия данных) с алгоритмами машинного обучения для классификации аномального поведения. Предлагаемый подход обладает следующими ключевыми преимуществами, перечисленными далее.

- Устойчивость к шифрованию: Анализ метаданных не требует расшифровки содержимого пакетов, что позволяет детектировать VPN-трафик даже при использовании стойкого сквозного шифрования.
- Адаптивность к новым угрозам: Применение моделей машинного обучения позволяет выявлять сложные, нелинейные закономерности и адаптироваться к новым методам маскировки трафика при своевременном обновлении обучающих данных.
- Баланс точности и производительности: Комбинирование быстрых методов первичной фильтрации на основе flow-анализа с точной классификацией подозрительных потоков с помощью ML-моделей оптимизирует общую нагрузку на систему мониторинга.

Экспериментальная часть работы, выполненная с использованием сетевого анализатора Wireshark, наглядно продемонстрировала характерные признаки туннелированного трафика.Эти наблюдения подтвердили эффективность подхода, основанного на анализе метаданных, и позволили сформулировать практические рекомендации по построению системы мониторинга исходящих VPN-соединений в корпоративной среде.

Внедрение предложенного гибридного подхода способствует повышению уровня информационной безопасности организаций за счёт своевременного выявления неавторизованных VPN-подключений и противодействия скрытым угрозам, связанным с утечкой данных.

Библиографический список

1.Методы обнаружения VPN и анонимных прокси в корпоративных сетях [Электронный ресурс] // Кибербезопасность, 2023. – URL: https://www.securitylab.ru/analytics/563346.php .

2.Сравнительный анализ эффективности методов детектирования VPN трафика [Электронный ресурс] // 2023. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/peredovye-metody-obnaruzheniya-i-obfuskatsii-vpn-trafika-uglublennyy-analiz-openvpn-i-ego-uyazvimostey-v-sovremennuyu-tsifrovuyu.

УДК 004.932

ШИНКАРЕВ И.А., МАРТЫНЮК М.В.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ХУДОЖЕСТВЕННЫХ РАБОТ НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В работе решается задача повышения объективности и оперативности оценки учебных работ в условиях роста масштабов дистанционного художественного образования. Проблема усугубляется такими факторами, как субъективность экспертной оценки, высокая нагрузка на преподавателей, невозможность обеспечения своевременной обратной связи при массовом обучении и отсутствие инструментов для количественного отслеживания прогресса. Это приводит к снижению качества образования, профессиональному выгоранию педагогов и необходимости поиска новых подходов к оцениванию в творческих дисциплинах [1].

Данную задачу можно описать как процесс разработки методов автоматизированного анализа технических параметров художественных работ на основе формализации критериев академического искусства и применения алгоритмов компьютерного зрения. При анализе и отборе методов учитывались такие критерии, как способность работать с изображениями, полученными в неконтролируемых условиях (неравномерное освещение, перекосы), интерпретируемость результатов, устойчивость к зашумленным данным и возможность интеграции с существующими образовательными платформами.

В результате проведенного анализа предметной области и существующих решений [1, 2] было выявлено, что наиболее перспективным направлением является применение гибридного подхода, сочетающего формализацию художественных критериев (композиция, тональный разбор, линия, цвет) с классическими алгоритмами компьютерного зрения. Перечислим ключевые достоинства предлагаемого методологического подхода:

- объективность оценки: замена субъективных экспертных оценок количественными метриками на основе анализа гистограмм, геометрических характеристик и статистических распределений;
- оперативность и масштабируемость: возможность мгновенного анализа работы после загрузки и интеграции в образовательные платформы для автоматизации проверки;
- адаптивность к входным данным: включение этапа интеллектуальной предобработки для коррекции геометрических искажений, освещения и цветовых сдвигов;
- дидактическая ценность: формирование структурированного отчета с количественными показателями и текстовыми рекомендациями, позволяющими отслеживать прогресс по отдельным техническим навыкам.

Представленный методологический подход соответствует вызовам цифровой трансформации образования и способствует созданию инструментов для объективной, оперативной и персонализированной обратной связи в художественном обучении. Разработка и внедрение подобных систем создает основу для «умных» образовательных платформ в сфере искусства.

Библиографический список

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. — 4-е изд., испр. — М.: Техносфера, 2022. — 1168 с.
2. Селески Р. Компьютерное зрение. Алгоритмы и приложения. — М.: ДМК Пресс, 2022. — 924 с.

СЕКЦИЯ 2

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

Подсекция 2.1

Автоматизация систем электрооборудования

УДК 621.3

БОНДАРЕВ И.Г., ПЛЕХОВ А. С.

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РЕЗИНОВЫХ ПОКРЫТИЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева.

На сегодняшний день технология переработки изношенных шин в резиновую крошку с последующим формованием изделий, например, резиновых плиток, является одним из приоритетных направлений в области ресурсосбережения и утилизации отходов.

Технологический процесс изготовления резиновых покрытий из изношенных шин, являющихся неиссякаемым и практически бесплатным сырьём, основан на использовании широкой номенклатуры оборудования. К этому оборудованию относятся не только станки групп измельчения, магнитной очистки от остатков металлического корда, истирания и сепарации, а также транспортёров. Важной составляющей комплекса технологического оборудования является термомеханическая установка, обеспечивающая совмещение процессов нагрева, смешивания и прессования полимер содержащих композиций.

В материалах доклада рассматриваются основные узлы электрооборудования термомеханической установки: электрическая печь сопротивления с регулированием температуры резиновой крошки разного состава, электроприводы перемешивания и гидростанции пресса, а также конвейера подачи пресс-форм различного размера.

Системы управления электрооборудованием термомеханической установки должны обеспечивать заданный температурно-временной режим резиновой смеси разного состава, регулирование скорости перемешивающих органов и синхронизацию работы гидравлической системы прессования с движением конвейера подачи пресс-форм.

Представлены результаты имитационного моделирования динамических систем управления температурой смеси, и частотно-регулируемого привода двигателя смесителя.

Разработаны принципиальная электрическая схема электроснабжения электрооборудования модернизированной термомеханической установки, система защиты и блокировок.

Показаны этапы расчёта и критерии выбора: двигателей по диапазону регулирования скорости; нагревательных элементов, обеспечивающих тепловые режимы электропечи сопротивления и точность поддержания температуры. Разработана схема защиты от перегрузок, произведена проверка силовых цепей на перегрузочную способность.

Предложен алгоритм синхронизации работы гидравлической системы прессования с движением конвейера подачи пресс-форм.

Для реализации алгоритма управления используется система управления на основе промышленного логического контроллера.

В результате производитель резиновых покрытий получает установку, обеспечивающую стабильные термомеханические режимы и повышает безопасность эксплуатации установки за счёт встроенных блокировок.

Библиографический список

1.https://bmpa.ru/oborudovanie-dlya-pererabotki-avtomobilnyh-shin-lpsh-300?utm_source=yandex&utm_medium=cpc&utm_campaign=28629174&utm_content=4476993175&utm_
2.https://bmpa.ru/oborudovanie-dlya-proizvodstva-rezinovoy-plitki

УДК 621.365.5

ГРУЗДЕВА Е.И., ПЛЕХОВ А.С.

СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ ЗАГОРОДНОГО ДОМА И ПРИУСАДЕБНОГО УЧАСТКА

Автоматизация инженерных систем здания позволяет существенно уменьшить расходы на коммунальные услуги, повысить энергоэффективность, повысить комфорт ежедневной эксплуатации жилья, осуществлять управление и контроль работы сложнейших систем без участия человека.

Автоматизация процесса эффективной, рациональной и безопасной эксплуатации электрооборудования в жилом доме и на приусадебном участке обсуждается в профессиональном сообществе несколько последних десятилетий. Однако реализация систем автоматики в «Умном доме» наблюдается только в немногих общественных зданиях и в коттеджах собственников с большими доходами.

Целью настоящего доклада является сообщение результатов изучения современных технологий автоматизации оборудования домов и прилегающих участков.

Комплексная система управления зданием обычно состоит из следующих больших подсистем: система управления искусственным освещением; система управления естественным освещением; система управления климатом (климат-контроль); управление системами безопасности; системы локального управления, визуализации, центрального управления, удаленного доступа.

Приведено описание функций и характеристики электрооборудования, позволяющие рассчитать необходимые токовые нагрузки, данные для выбора коммутирующей аппаратуры и проводки. Разработаны примерные варианты силовых схем системы автоматизации.

Сегодня в отрасли автоматизации зданий существует большое количество различных стандартов и протоколов. Классифицировать, понять особенности применения, плюсы и минусы между ними можно большим количеством способов. Главные системообразующие открытые стандарты автоматизации зданий: KNX - EN 50090 и ISO/IEC 14543; Lon - ANSI/CEA 709.1 и BACnet – ASHRAE/ANSI 135 и ISO 16484-5.

В представляемой работе рассмотрены децентрализованные (распределенные) системы (KNX, LON, HDL-Bus). Выбор сделан на реализацию комплекса в системе KNX. Рассмотрена и возможность управления с применением программного обеспечения FLprog.

Имитационные модели функционирования предлагаемых систем «Умного дома» выполнены с применением программного обеспечения Stateflow, обеспечивающего формирование процессов коммутации оборудования и определение необходимых задержек подачи команд на переключение.

Разработаны имитационные модели для оценки качества электроэнергии при работе системы автоматизации в режимах интенсивной коммутации. По результатам моделирования

сформулированы рекомендации по снижению гармонических искажений напряжения питающей сети.

Библиографический список

1. «Умный дом»: методические указания для слушателей курсов повышения квалификации / А.Н. Стариков, В.И. Тарасенко, В.М. Мельников, С.И. Рощина. Владим. гос. ун-т имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых. - Владимир : Изд-во ВлГУ, 2014
2. А.С. Кремлев, А.В. Титов, А.Н. Щукин / Проектирование систем интеллектуального управления домашней автоматикой. Элементы теории и практикум // Учебное пособие. - Санкт-Петербург; 2014

УДК 621.3

ДАНИЛИН В.Д., ПЛЕХОВ А.С.

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ДЕМПФЕРА КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ СВОБОДНОГО КОНЦА КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА ДИЗЕЛЬНОГО МОТОРА

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева.

Крутильные колебания коленчатых валов являются одной из основных причин снижения ресурса и возникновения аварийных отказов поршневых двигателей внутреннего сгорания [1]. В дизелях типа 6ДМ-185, эксплуатируемых в составе энергетических установок и транспортных средств, наибольшая амплитуда колебаний наблюдается на свободном конце вала, где традиционно устанавливаются механические демпферы (резиновые, силиконовые). Однако пассивные демпферы обладают ограниченным ресурсом, подвержены старению материалов и эффективны лишь в узком диапазоне частот. В связи с этим, задача разработки активного электромеханического демпфера, лишенного указанных недостатков и способного адаптироваться к изменяющимся режимам работы двигателя, является актуальной. Использование синхронной машины с постоянными магнитами позволяет не только гасить колебания в реальном времени, но и интегрировать демпфер в общую систему мониторинга силовой установки, что соответствует современным тенденциям цифровизации и повышения надежности машиностроительной продукции [2].

Для того, чтобы количественно оценить степень этой опасности, разработать эффективные меры защиты и обосновать параметры активного демпфера, необходимо располагать математической моделью системы – крутильной схемой [3]. Схема является основой для исследований методом электромеханических аналогий, в том числе, с целью вычисления необходимой мощности СМ, работающей в режиме демпфера крутильных колебаний.

В докладе предложена концепция активного демпфера крутильных колебаний на основе синхронной машины, адаптированного для установки на свободный конец коленчатого вала. Предложенная концепция позволяет обеспечить адаптивное гашение крутильных колебаний во всем диапазоне рабочих оборотов дизеля при радикально увеличенном ресурсе по сравнению с пассивными аналогами.

Разработана методика определения требуемых параметров синхронной машины (момента, мощности) на основе спектрального анализа мощности крутильных колебаний и математического моделирования динамики системы.

Обоснована структура системы управления, использующая отклонение мгновенной угловой скорости для формирования демпфирующего электромагнитного момента.

Библиографический список

1. Гоц А.Н. Методика выбора оптимальных коэффициентов демпфирования для демпферов крутильных колебаний коленчатых валов автотракторных двигателей // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2019. – Т. 86, № 6. – С. 21–27. URL: https://journals.eco-vector.com/0321-4443/article/view/66633/ru_RU - Текст : электронный (дата обращения: 15.03.2026).
2. Torsional Vibration Suppression in Multi-Condition Electric Propulsion Systems Through Harmonic Current Modulation. Actuators, 2025, 14(6), 283. URL: https://doaj.org/article/dca0f81a532847988cde3b692924b13a. - Текст : электронный (дата обращения: 20.03.2026).
3. Патент SU 652391. Гаситель крутильных колебаний объекта / Гужовский В.В., Иносов С.В., Чудутов Ю.В. – Опубл. 15.03.1979. URL: https://patents.su/3-652391-gasitel-krutilnykh-kolebanijj-obekta.html - Текст : электронный (дата обращения: 22.03.2026).

УДК 621.365.5

ДОЛБУНОВА Е.А., ПЛЕХОВ А.С.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКОГО ПОСОБИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ИНДУКЦИОННЫХ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Индукционный нагрев получил широкое распространение в промышленности и научных исследованиях, от получения и обработки полупроводниковых материалов до нагрева слитков цветных и черных металлов под прессование и прокатку. Порядка 50% всего индукционного нагрева приходится на плавку металлов, из них примерно 80% – плавка черных металлов. Емкости тигля 160 и 250 кг являются наиболее распространенными.

Индукционный нагрев является одним из наиболее сложных электротермических процессов и в строгой постановке требует рассмотрения взаимосвязанных явлений разной физической природы. Полное моделирование процесса индукционного нагрева требует совместного решения электромагнитной задачи для всей системы, внутренней электротепловой задачи и задачи внешнего теплообмена. Для решения этих задач необходимо знание характера электромагнитных и тепловых процессов и средств их количественного описания (моделирования). Характер распределения вихревых токов в цилиндрической заготовке зависит от многих факторов, обусловленных геометрическими размерами системы, электро- и теплофизическими свойствами материала, частотой напряжения источника питания, температурой нагрева и др. Нагрев немагнитных материалов сопровождается существенным изменением удельного сопротивления в процессе нагрева, а индукционный нагрев ферромагнитных материалов, кроме того, характеризуется существенным изменением магнитной проницаемости металла и, соответственно, глубины проникновения тока. К тому же, как известно из многочисленных источников, даже для тел правильной цилиндрической формы, у которых продольные и поперечные размеры соизмеримы, характерно наличие существенных краевых эффектов в распределении напряженности магнитного поля, которые в конечном итоге оказывают влияние на характер распределения внутренних источников тепла.

Для составления целостной картины изменения плотности тока и мощности в загрузке в процессе нагрева и возможности аналитического описания функции распределения внутренних источников тепла требуется последовательное решение электромагнитной и тепловой задач. Разделение во времени процедур расчета электромагнитного поля и теплового поля объясняется разной инерционностью этих процессов. Электромагнитная задача формулируется как квазистационарная, а тепловая имеет в дифференциальном уравнении временную

производную первого порядка. Все это позволяет создать полностью или частично независимые процедуры расчетов электромагнитных и тепловых полей. Модели, учитывающие взаимное влияние электромагнитного и температурного полей в процессе нагрева, так называемые электротепловые модели, дают исчерпывающую характеристику индукционного устройства с точки зрения потребления энергии от внешнего источника питания и выделения ее в загрузке.

Библиографический список

1. Немков В.С., Демидович В.Б. Теория и расчет устройств индукционного нагрева. – Л.: Н50 Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1988. – 280 с.; ил.
2. Проектирование установок для электронагрева стали: учеб. пособие / сост. С.Л. Ключко. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2012. – 123 с. : обл.

УДК 621.3

КАЗАКОВ А.И., ПЛЕХОВ А.С.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ УДАЛЁННОГО РАБОЧЕГО ПОСЁЛКА НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева.

Удалённые рабочие посёлки, где в настоящее время располагаются производственные предприятия местной промышленности, такие как лесоперерабатывающие, добывающие минеральные ископаемые, связанные с добычей и переработкой рыбы, требуют высокого уровня надёжности электроснабжения потребителей энергии [1]. Обеспечение жилищно-коммунального хозяйства в суровых климатических условиях, как и оборудование промыслов нуждаются в обеспечении первой категории надёжности электроснабжения.

С другой стороны, наблюдается устойчивый тренд для отдаленных регионов страны, где централизованное электроснабжение затруднено или невозможно, – использование возобновляемых источников электрической энергии (ВИЭ) [2]. ВИЭ, обеспечивающие экологически чистую электроэнергию, в сочетании с дизель-генераторными установками могут существенно снизить стоимость круглогодичного энергоснабжения отдаленных рабочих поселков.

В докладе обсуждаются характеристики возобновляемых источников энергии: солнечных панелей, ветрогенераторов и малых гидроэлектростанций. Солнечные панели, преобразующие солнечный свет в электричество, и ветрогенераторы, использующие энергию ветра, являются наиболее распространенными ВИЭ. Малые гидроэлектростанции также являются эффектными источниками энергии. Однако вопрос о целесообразности использования возобновляемых источников энергии связан с климатическими условиями, поэтому необходим анализ целесообразности их применения.

Авторами поставлена задача оптимизации доли каждого из перечисленных источников энергии в общем объёме потребляемой энергии в двух условных сезонах их эксплуатации: летнем и зимнем [3]. Для формализации ограничений в задаче оптимизации осуществлён сбор и анализ суточных графиков нагрузок потребителей электроэнергии условного посёлка, а также метеоданных (инсоляция, скорость ветра).

Предложена конфигурация гибридной системы на основе ВИЭ и разработан алгоритм управления источниками энергии.

Результаты имитационного моделирования разработанной системы показали способность накапливать избыточную энергию от солнечных панелей и ветрогенераторов в перио-

ды пиковой генерации и отдавать её потребителям в периоды дефицита (ночью или в безветрие).

В результате потребители удалённого рабочего посёлка получают бесперебойное электроснабжение жилых и производственных объектов.

Библиографический список

1. https://inner.su/articles/tablitsy-kategoriy-nadezhnosti-elektrosnabzheniya-i-ii-iii-normativy-2025/
2. Миннулинна А.С., Гибадуллин Р.Р. Применение возобновляемых источников энергии для автономного электроснабжения // Международный научный журнал «ВЕСТНИК НАУКИ» №5 (74) Том. 3. МАЙ 2024 г. - Текст: непосредственный.
3. Кумагина Е.А., Плехов А.С. Минимизация рисков нарушений электроснабжения при переходе к «зеленой» энергетике // Интеллектуальная Электротехника. 2024. № 3. С. 116-129. - Текст: непосредственный.

УДК 621.31

КАРПОВ И.П.

УПРАВЛЕНИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯМИ КОНТАКТНОЙ СЕТИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С ПОСТОМ СЕКЦИОНИРОВАНИЯ НА РАЗЪЕДИНИТЕЛЯХ

Филиал ОАО «РЖД» Трансэнерго Горьковская дирекция по энергообеспечению
Дорожная электротехническая лаборатория

В докладе рассматривается автоматизация участка контактной сети переменного тока с постом секционирования (ПС) на разъединителях для восстановления электроснабжения поездов после аварийного отключения. Разработанная схема комплексной автоматики [1] обеспечивает отключение повреждённой «четверти» зоны тяговой сети (от подстанции до ПС), что практически приравнивает по функциональным возможностям схемы с ПС на разъединителях к схемам на выключателях. Алгоритм комплексной автоматики представлен на рис. 1.

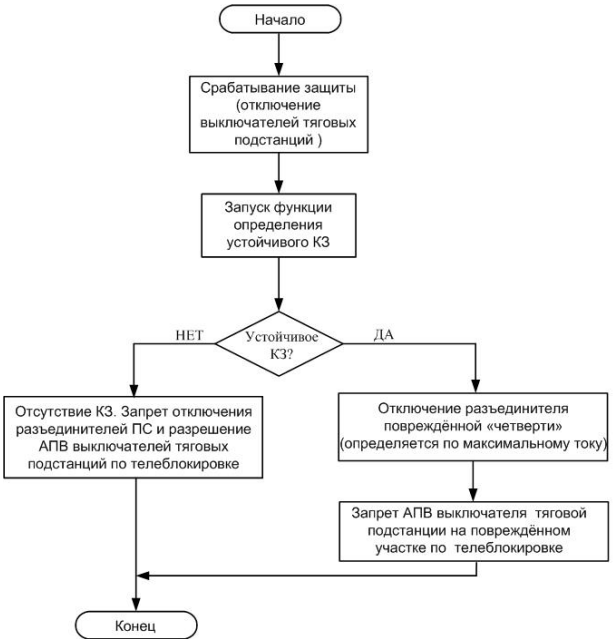


Рис. 1. Алгоритм комплексной автоматики с телеблокировкой

Для реализации схемы комплексной автоматики, действующей на АПВ выключателя питающей линии на тяговой подстанции и на управление разъединителей ПС, выполняется следующее:

- вводятся трансформаторы тока питающих линий контактной сети на посту секционирования для определения повреждённой «четверти» межподстанционной зоны;
- вводится телеблокировка, объединяющая защиты выключателя тяговой подстанции и автоматики соответствующего ему разъединителя каждой «четверти» межподстанционной зоны;
- при КЗ отключаются все четыре выключателя на тяговых подстанциях и запускается диагностирование контактной сети на отсутствие КЗ;
- в случае отсутствия КЗ разъединители ПС останутся включенными и по АПВ повторно включаются все четыре выключателя питающих линий контактной сети тяговых подстанций;
- в случае устойчивого КЗ в бестоковую паузу отключится разъединитель ПС повреждённой «четверти» и по команде телеблокировки вводится запрет АПВ выключателя тяговой подстанции, далее по АПВ включают выключатели тяговых подстанций, кроме одного – аварийного.

---

1. Патент РФ №2832620 МПК G01R 31/08 (2024.08) Способ управления выключателями питающих линий контактной сети двухпутного участка переменного тока тягового электроснабжения с постом секционирования на разъединителях / Герман Л.А., Субханвердиев К.С., Карпов И.П. Опубл. 26.12.2024. Бюл. №36.

УДК 621.313.3

КОРОБЕЙНИКОВА Е.В., ПОДОСОКОРСКИЙ М.А., СОКОЛОВ В.В., ШАЛИН Д.Д.

ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ГЛАВНОГО ДВИЖЕНИЯ СТАНКА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

До недавнего времени основным типом электропривода в станкостроении – как для главного движения, так и для механизмов подачи – являлся привод постоянного тока. В настоящее время тенденция изменилась: идёт активное внедрение частотно-регулируемых электроприводов, превосходящих аналоги на постоянном токе по массогабаритным и энергетическим показателям. Такая замена стала возможной благодаря появлению IGBT-транзисторов.

В докладе приводятся результаты разработки частотно-регулируемого электропривода главного движения станка. Частотное регулирование может быть реализовано как со скалярным, так и с векторным управлением [1].

На первом этапе разработки проектируется частотное регулирование скорости со скалярным управлением. Из возможных вариантов скалярного управления было выбрано частотно-токовое. На рис. 1 представлена функциональная схема замкнутой системы частотно-токового электропривода со скалярным управлением.

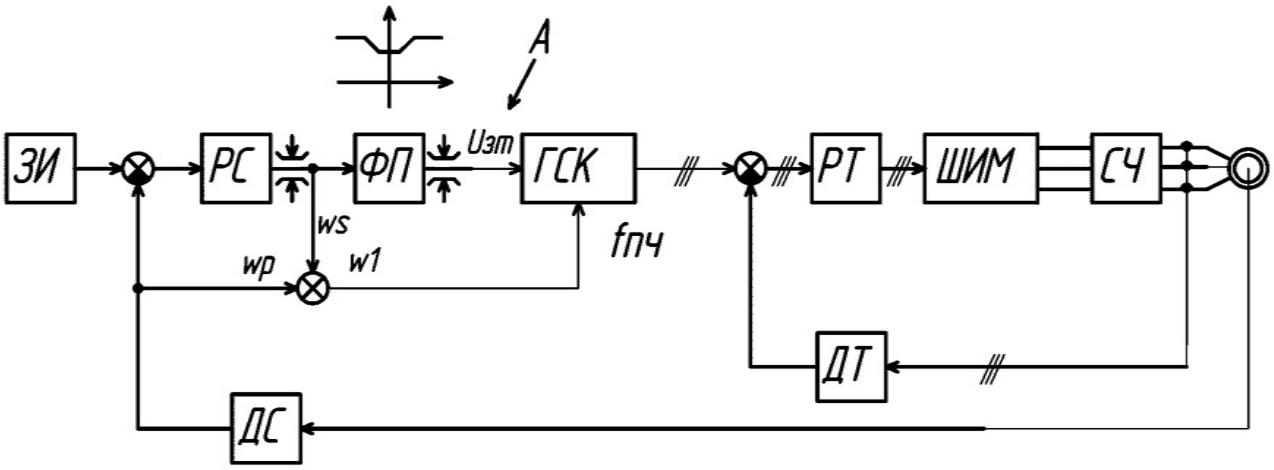


Рис. 1. Функциональная схема электропривода переменного тока со скалярным частотно-токовым управлением

При частотно-токовом управление сигнал задания амплитуды тока статора формируется функциональным преобразователем, входным сигналом для которого является выходной сигнал регулятора скорости. Частота тока статора формируется в результате алгебраического суммирования сигналов регулятора скорости и датчика скорости [2].

Имитационное моделирование на разработанной имитационной модели подтвердило правильность разультатов аналитического расчета. Результат моделирования в ПО Matlab/Simulink приведён на рис. 2.

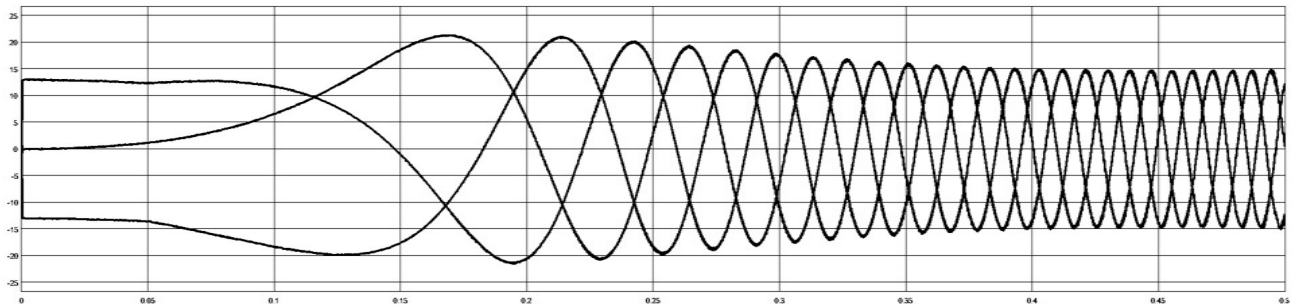


Рис. 2. Результаты имитационного моделирования. Осциллограммы тока статора при пуске под нагрузкой

Данная модель позволяет глубже разобраться в алгоритме управления и более детально проанализировать переходные процессы при работе электропривода. Блоки разработанной имитационной модели будут переведены на язык программирования Си для микроконтроллера *STM*32, на базе которого будет реализована система управления и регулирования электроприводом.

Библиографический список

1. Евсиков, А. А. Е 25 Автоматизированный электропривод с частотным управлением: учебное пособие / А.А. Евсиков, В. А. Коковин, А. П. Леонов. — Дубна: Гос. ун-т «Дубна», 2020. — 121 [1] с.

2.Соколовский Г. Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Г. Г. Соколовский. — М.: Издательский центр «Академия», 2006. — 272 с.

УДК 621.3.072

ЛОМУНОВ Я.Н., СОКОЛОВ В.В.

МОЩНЫЙ ТИРИСТОРНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ДЛЯ ЗАРЯДА АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время одним из важных вопросов электроэнергетики является совершенствование методов и средств накопления и хранения электрического заряда. Этот вопрос актуален в связи с развитием электротехники, внедрением тягового электротранспорта в повседневную жизнь, необходимостью осуществления бесперебойного питания важных потребителей.

Зарядная станция, построена на базе тиристорного преобразователя с параллельным соединением (ТП), подключенного к нагрузке через уравнительные дроссели. Силовой согласующий трансформатор имеет две вторичные обмотки со сдвигом в 30 эл. градусов, подключенные к ТП, что обеспечивает двенадцатипульсный режим выпрямления [1].

Система регулирования построена по подчиненному принципу и имеет внутренний контур тока и внешний контур напряжения [2], схема которой приведена на рис. 1.

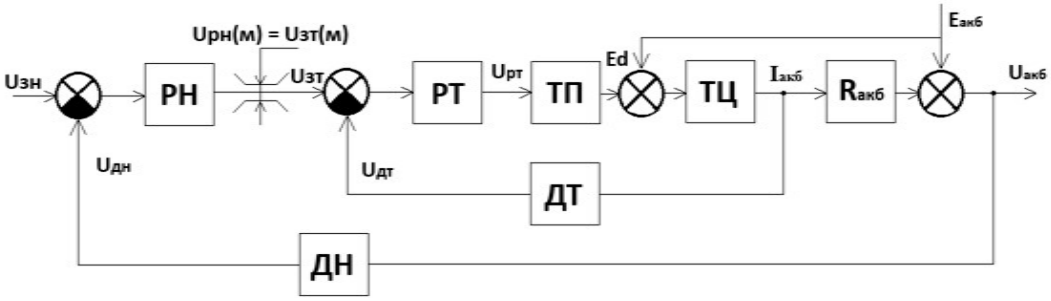


Рис.1. Структурная схема системы регулирования

В докладе приводятся результаты расчета и выбора силового оборудования (трансформатора, дросселей, тиристорных модулей), разработки микропроцессорной системы управления, настройки контуров тока и напряжения на модульный оптимум и имитационного моделирования в ПО MatlabSimulink, подтвердившего правильность теоретических расчетов.

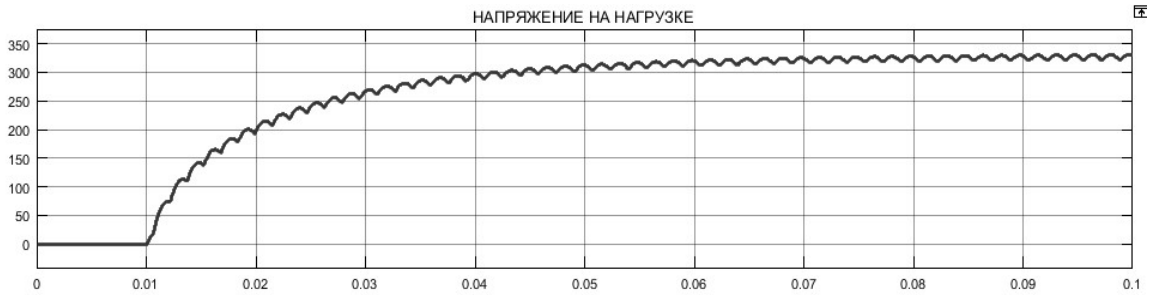


Рис.2. Результаты имитационного моделирования. Осциллограмма напряжения при включении зарядной станции.

Библиографический список

1. Ваняев В.В. Преобразовательная техника: учеб. пособие / В.В. Ваняев; Нижегородский гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2020. – 135 с.
2. Мельников В.Л. Теория автоматического управления: учеб. пособие / В.Л. Мельников и др.; Нижегородский гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2025.-149 с.

УДК 621.3.072

МОКЕЕВ Д.М., СОКОЛОВ В.В.,УСТИНЦЕВ С.В.

СЛЕДЯЩИЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД НА БАЗЕ ВЕНТИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ С МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева

В докладе рассматривается применение электропривода с абсолютными датчиками положения ротора (АДПР) в задачах построения прецизионных систем позиционирования. Привод с замкнутым контуром положения позволяет обеспечить высокую точность регулирования и устойчивость в системах промышленной автоматизации, приборостроения и энергетики [1, 2].

Современные системы управления технологическими процессами предъявляют повышенные требования к точности позиционирования и стабильности поддержания параметров. Использование абсолютных энкодеров и резольверов в качестве датчиков положения ротора позволяет исключить накопление ошибки и повысить надежность системы.

Ключевым элементом следящей системы является электропривод с трехконтурной системой подчиненного регулирования с внешним контуром положения. Система управления и регулирования реализована на базе микроконтроллера STM32, силовой преобразователь (инвертор) - транзисторный, на МОП транзисторах [3].

Регулирование осуществляется методом векторного управления (FOC, Field-Oriented Control), обеспечивающим независимое управление моментом и магнитным потоком.

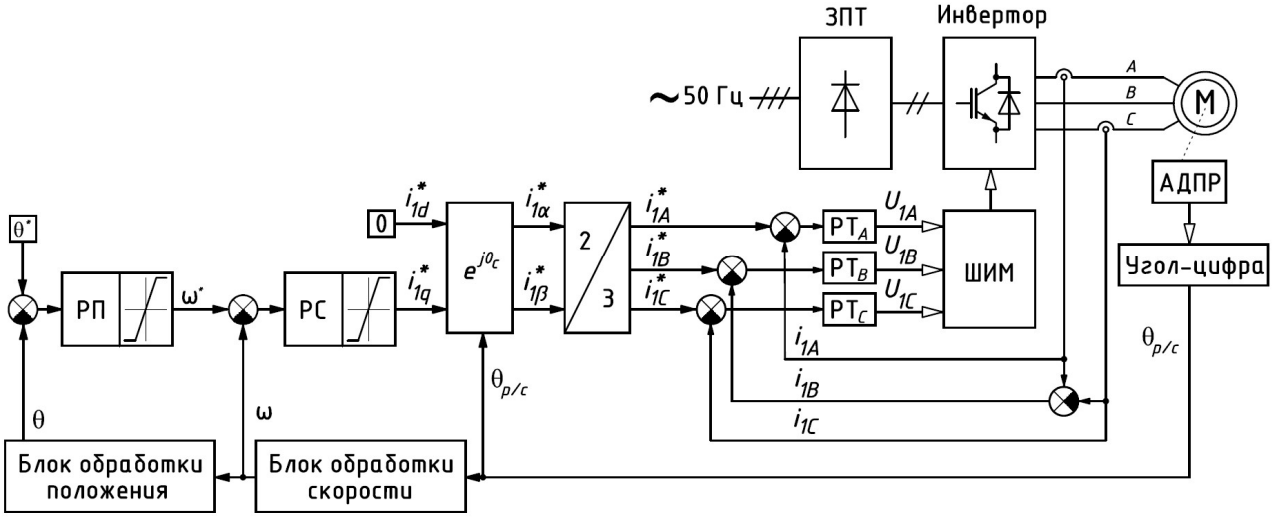


Рис. 1. Функциональная схема следящего электропривода с векторным управлением

Алгоритм работы включает следующие основные этапы функционирования системы:

- считывание абсолютного положения ротора;
- преобразование координат на основе работ Э. Кларка, Р. Парка и А. Горева;
- формирование управляющих воздействий в контуре тока;
- генерация сигналов ШИМ для силового инвертора;
- обратная связь по положению и скорости.

Особое внимание уделяется корректной настройке угла коммутации, так как ошибка приводит к снижению КПД и увеличению пульсаций момента.

Применение абсолютных датчиков положения обеспечивает:

- исключение процедуры поиска нуля;
- повышение точности позиционирования (до угловых секунд);
- устойчивость к помехам;

- возможность работы в критических условиях (вибрации до 5 g).

Разработанное решение может быть использовано в системах прецизионного позиционирования, робототехнических комплексах, станках с ЧПУ, энергетических установках, а также в авиационных и транспортных системах.

Применение электроприводов с абсолютными датчиками положения ротора позволяет существенно повысить точность и надежность систем управления. Использование современных алгоритмов управления и корректной настройки коммутации обеспечивает оптимальные динамические характеристики и энергоэффективность системы.

Библиографический список

1. **Пашков Е.В.** Следящие приводы промышленного технологического оборудования: учебное пособие для СПО / Е. В. Пашков, В. А. Крамарь, А. А. Кабанов. - Санкт-Петербург: Лань, 2021.364 с.
2. **Овчинников И. Е.** Вентильные электрические двигатели и привод на их основе (малая и средняя мощность) /: Курс лекций. - СПб.: КОРОНА-Век, 2006. - 336 с.: ил.
3. **Соколовский Г. Г.** Электроприводы переменного тока с частотным регулированием: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Г. Г. Соколовский. — М.: Издательский центр «Академия», 2006. — 272 с.

УДК 621.3.078

МУРТАЗИН Т.Э., ДАРЬЕНКОВ А.Б., СЕРОВ А.В.

ВЕКТОРНОЕ УПРАВЛЕНИЕ СИНХРОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ НА ОСНОВЕ АДАПТИВНОГО РЕГУЛЯТОРА СКОРОСТИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время синхронные двигатели с постоянными магнитами (СДПМ) получают все большее распространение в качестве гребных электродвигателей и двигателей подруливающих устройств на судах малого и среднего водоизмещения [1]. Для данных типов электроприводов существенным является учет системой управления изменений момента нагрузки на валу двигателя. Момент нагрузки на валу судового гребного электропривода изменяется в широких пределах, например, во время сильной качки на воде или при наличии ледниковой каши, и может снижаться до нуля в моменты оголения гребного винта. Это может привести к потере устойчивости контура регулирования скорости гребного электропривода и вызвать резкие колебания потребляемого электроприводом тока, что негативно влияет на качество электроэнергии в автономной системе электроснабжения судна.

В связи с этим, предлагается модернизированная система векторного управления синхронным электроприводом, адаптивная к изменениям момента нагрузки на валу. Предлагаемый способ управления заключается в том, что регулятор скорости корректирует свой выходной сигнал, учитывая изменения момента нагрузки. Этот результат достигается за счет того, что при определении передаточной функции регулятора скорости учитывается возмущающий сигнал момента нагрузки, тогда как в классических системах этот сигнал приравнивается к нулю [2, 3]. Классическая структурная схема регулирования тока и скорости СДПМ преобразуется, регулятор скорости заменяется на адаптивный согласно синтезированной передаточной функции.

На основании разработанной структурной схемы электропривода на базе СДПМ составлена имитационная модель в ПО MATLAB Simulink. По результатам моделирования для различных мощностей СДПМ были получены интегральные характеристики отклонения скорости вращения вала двигателя.

Техническим результатом предлагаемого способа управления является обеспечение стабилизации скорости вращения синхронного электродвигателя при значительных колебаниях момента нагрузки [4].

Библиографический список

1. Чупина К.В., Ханнанов А.М. Проектирование судовой системы электродвижения: учебное пособие для вузов / Политехнический институт ДВФУ. – Владивосток: Изд-во Дальневост. федерал. ун-та, 2024 – 1 CD. [59 с.]. – Систем. требования: AcrobatReader, FoxitReader либо другой их аналог. – ISBN 978-5-7444-5673-3. – Текст: электронный.
2. Анучин, А.С. Системы управления электроприводов: учебник для вузов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2015. – 373 с.
3. Калачев, Ю.Н. Векторное регулирование (заметки практика) / Ю.Н. Калачев. —М.: Издательский дом МЭИ, 2013. — 72. с.: ил.
4. Муртазин Т. Э., Титов В. Г., Дарьенков А. Б. Синхронный электропривод с адаптивным регулятором скорости и контуром активной мощности // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2025. № 3. С. 51–58. https://doi.org/10.24143/2073-1574-2025-3-51-58.

УДК 621.3.072

ПЕТУХОВ Н.М., ДАРЬЕНКОВ А.Б.,ТИХОНОВ А.П.,ЧУГРОВ А.А.

ИМИТАЦИОННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА НА ОСНОВЕ МНОГОУРОВНЕВОГО ИНВЕРТОРА НАПРЯЖЕНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Современное развитие электропривода переменного тока характеризуется повышенными требованиями к энергоэффективности, массогабаритным показателям, качеству регулирования и надежности. Классические двухуровневые инверторы напряжения, применяемые в электроприводах, обладают рядом фундаментальных ограничений: высокий уровень гармонических искажений выходного напряжения, большая скорость нарастания напряжения на обмотках двигателя, что приводит к дополнительным потерям в стали, преждевременному износу изоляции и необходимости применения сложных выходных фильтров. Кроме того, увеличение частоты переключения силовых ключей для улучшения формы тока сопряжено с ростом динамических потерь, что снижает общий КПД системы и ухудшает тепловой режим [1]. Указанные ограничения и недостатки преодолеваются путем использования многоуровневых структур построения инверторов напряжения (МУИН) [2].

В докладе приводятся результаты имитационного исследования системы электропривода переменного тока на основе МУИН с привязкой средней точки через отсекающие диоды (*NPC*). В ходе исследования была разработана имитационная модель трехуровневого преобразователя напряжения с системой управления, построенной на базе синусоидальной широтно-импульсной модуляции (ШИМ), обеспечивающая формирование трех уровней выходного напряжения: $+U_{dc}/2$, 0, $-U_{dc}/2$ (рис. 1).

В процессе имитационного исследования особое внимание уделялось оценке спектрального состава выходного напряжения. С помощью компьютерного моделирования было установлено, что применение трехуровневой топологии позволяет снизить суммарный коэффициент гармонических составляющих (THD) выходного напряжения до 30% без применения выходных фильтров, что значительно лучше показателей двухуровневых инверторов.

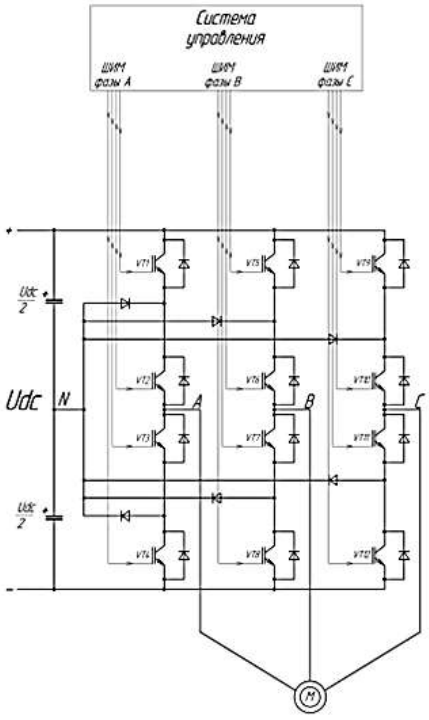


Рис. 1. Структурная схема имитационной модели МУИН

Библиографический список

1. Ваняев В.В. Преобразовательная техника: учеб. пособие / В.В. Ваняев. – НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2020. – 135 с.
2. Rodriguez J. Multilevel Voltage-Source-Converter Topologies for Industrial Medium-Voltage Drives / J. Rodriguez, S. Bernet, B. Wu, J. O. Pontt, S. Kouro // IEEE Transactions in Industrial Electronics. – Vol. 54. – No. 6. – December, 2007, pp. 2930-2945. – DOI: 10.1109

УДК 621.313.13-181.48

САВЧУК В.С., ПЛЕХОВ А.С.

СОСТАВНОЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД СВАРОЧНОГО ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Сварочный процесс характеризуется сложностью и высокой чувствительностью к внешним воздействиям, которые обладают инерционными свойствами. Инерционные параметры в контексте сварки определяют динамические характеристики сварочной системы, влияющие на стабильность технологического процесса, качество формируемого соединения и эффективность управления оборудованием. Они обусловливают реакцию системы на вариации режимов сварки, внешние возмущения и переходные состояния. Для реализации компенсации описанной инерции предлагается внедрить в систему управления приводами блок, учитывающий возмущения и работающий на предупреждение этого процесса. Электротехнический комплекс (сварочный аппарат), функционирующий с дополнительной системой упреждающей коррекции, демонстрирует высокую стабильность рабочих параметров, а также позволяет решить проблему стабильности вылета проволочного электрода. Совокупный эффект от внедрения способа коррекции пертурбационных изменений позволит получить рост производительности сварочных работ до 10–15 % за счет уменьшения возникаю-

щих дефектов и последующей зачистки изделий (брызг, следов случайных коротких замыканий и др.) [1]. Дальнейшие исследования должны быть направлены на улучшение показателей энергоэффективности, обеспечение совместимости с платформами «Индустрия 4.0» и применение технологий искусственного интеллекта.

Для управления в подобных системах применяются преобразователи частоты (ЧП), которые позволяют реализовать плавный пуск и остановку двигателей, регулировать скорость подачи проволоки и оптимизировать энергопотребление за счет адаптивного управления [2]. Тип алгоритма управления ЧП зависит от задачи: скалярное управление *V/f* подходит для простых операций, таких как подача проволоки, тогда как векторное управление *Field-Oriented Control (FOC)* необходимо для точного позиционирования. Другой подход к реализации управления заключается в использовании программируемых логических контроллеров (ПЛК) серий *Siemens S7-1200* или *Allen-Bradley Compact Logix.* Эти контроллеры способны обрабатывать данные с различных датчиков (тока, скорости, положения), управлять синхронной работой нескольких приводов и интегрироваться с системами диспетчерского управления и сбора данных (*SCADA*). Для обеспечения обратной связи и контроля используются оптические или магнитные энкодеры (отслеживание положения), датчики Холла (измерение тока в сварочной цепи) и тензодатчики (контроль усилия при контактной сварке).

В ходе исследования разработан кооперативный алгоритм управления разнородными приводами (подачи проволоки и движения аппарата) на основе единой модели процесса. Вместо независимого управления каждым приводом по отдельному заданию предлагается единый алгоритм, где команды для всех приводов (подача проволоки, движение тележки, коррекция высоты) рассчитываются в реальном времени из единой многопараметрической модели сварочного процесса. Новизна заключается в модели, которая учитывает нелинейные взаимовлияния параметров: скорость сварки влияет на тепловложение, что требует коррекции скорости подачи проволоки и траектории, а изменение положения горелки (например, при работе с криволинейными швами) требует предупредительного изменения тока и напряжения (это преодолевает традиционный «силосный» подход, где каждый контур работает сам по себе). На базе предлагаемого алгоритма возможно внедрение предиктивного управления на основе данных технического зрения и сенсоров в реальном времени с коррекцией траектории. Система технического зрения (камеры, лазерные сканеры) анализирует геометрию разделки кромок, наличие деформаций и фактическое положение шва до и во время процесса. Данные с датчиков тока, напряжения и дуги обрабатываются в реальном времени. Алгоритмы машинного обучения (ИИ) на основе этих разнородных данных не просто регистрируют отклонения, а прогнозируют развитие процесса (например, риск прожога) и заранее вносят коррективы в работу всех приводов: изменяют траекторию движения горелки (приводы *X, Y, Z*), скорость подачи проволоки и параметры тока для компенсации отклонений. Это переход от реактивного к предиктивному управлению.

Автоматизация формирования электрической дуги при электросварке труб высокого давления является актуальной задачей, которая может быть решена с помощью современных методов и технологий [3]. Разработка и внедрение системы автоматизации позволит улучшить процесс электросварки труб, снизить вероятность ошибок и повысить качество сварного шва. Дальнейшее развитие данной технологии может привести к улучшению условий труда операторов и повышению производительности в области сварочного производства. Ожидается, что разработанная система, помимо описанного ранее, позволит повысить эффективность и качество сварочных работ, уменьшить трудозатраты, а также обеспечить стабильность процесса сварки при работе с различными материалами и в разнообразных условиях.

Библиографический список

1. Савчук В. С. и др. Составной электропривод сварочного электротехнического комплекса. Вестник МГТУ. 2025. Т. 28, № 4/1. С. 509–521. *DOI: https://doi.org/10.21443/1560-9278-2025-28-4/1-509-521.*

2. Лебедев В. А. Механизированная и автоматическая синергетическая сварка с импульсной подачей электродной проволоки // Сварочное производство. 2014. № 2. С. 13–19. *EDN: SCBWXD.*
3. *Chen S., Zhang J. Advanced welding control systems. CRC Press, 2021. 456 p.*

УДК 534:621.3

ТЫЧИНКИН В.А., ПЛЕХОВ А.С.

ГАШЕНИЕ ВИБРАЦИИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ С ПЕРИОДИЧЕСКОЙ НАГРУЗКОЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева.

Современные электромеханические комплексы, имеющие в своём составе асинхронные электродвигатели, при работе на периодическую нагрузку всегда подвергаются широкополосной вибрации. Это явление опасно при совпадении с любой резонансной частотой в приводимом агрегате. Отсутствие мер по снижению вибровозмущений на каждой резонансной частоте приводит к снижению ресурса двигателя и КПД механизма. Поэтому ослабление вибрации является актуальной проблемой современного машиностроения.

Для настройки комплекса на резонансную частоту и гашения соответствующих вибраций предлагается использование магнитореологической муфты, которая обеспечивает наличие упругой и вязкой составляющих движения [1]. Упругая составляющая позволяет настроить резонансную частоту системы согласно соотношению:

$$f_{\text{рез}} = \sqrt{\frac{\text{C}_{\text{м}}}{(J_d + J_{\text{м}})}} \ ,$$

где C_M – упругая составляющая муфты; J_d – момент инерции двигателя; J_M – момент инерции нагрузочного механизма [2].

Для определения резонансного режима в ходе работы электромеханического агрегата на валу устанавливаются тензодатчики с комплексом *ZETLAB*. Этот комплекс, имеющий в своём составе радиоканал, позволяет передать сигналы об уровне вибрации на компьютер с разработанным авторами программным обеспечением. На основе этих данных осуществляется процесс управления магнитореологической муфтой и снижения вибровозмущений.

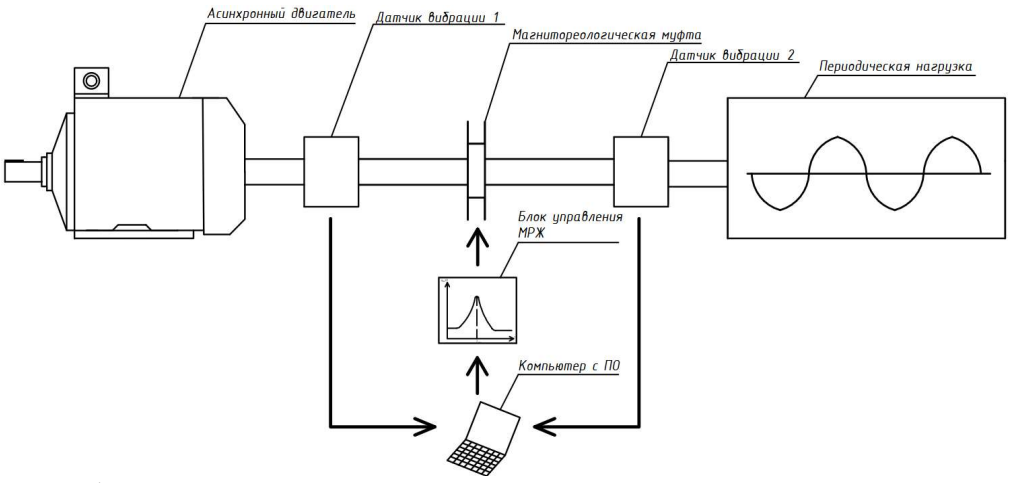


Рис. 1. Функциональная схема стенда для испытаний электроприводов под периодической нагрузкой

Библиографический список

1. Магнитореологические жидкости: технологии создания и применение: монография/ Е.С. Беляев [и др.]; под ред. А.С.Плехова. – Нижегород гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева, 2017. – 94с.
2. Бидерман В.Л. Теория механически колебаний: Изд. 3-е, доп. – М.: ЛЕНАНД, 2017. – 416 с.

УДК 621.3.072

УСТИНЦЕВ С.В., МОКЕЕВ Д.М., СОКОЛОВ В.В.

ТЯГОВЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД НА БАЗЕ МОТОР-КОЛЕСА С МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева

Современный компактный электропривод чаще всего построен с использованием вентильных двигателей с датчиком положения ротора. Их несложная конструкция позволяет размещать двигатель внутри конечного устройства, уменьшая его массогабаритные показатели. Отсутствие коллекторного узла и нагреваемых частей на роторе в разы повышают его надежность и эффективность.

На данный момент вентильный двигатель наиболее оптимально подходит для применения в устройствах малой мощности. В качестве примеров можно привести различные электроскутеры, гироскутеры, электросамокаты. Помимо этого, они широко применяются и развиваются в таких отраслях промышленности, таких как робототехника, станкостроение, автомобилестроение и многих других [1].

В докладе приводятся результаты стендовых испытаний тягового электропривода на базе мотор-колеса мощностью 500 Вт на исследовательском стенде, функциональная схема которого приведена на рис. 1.

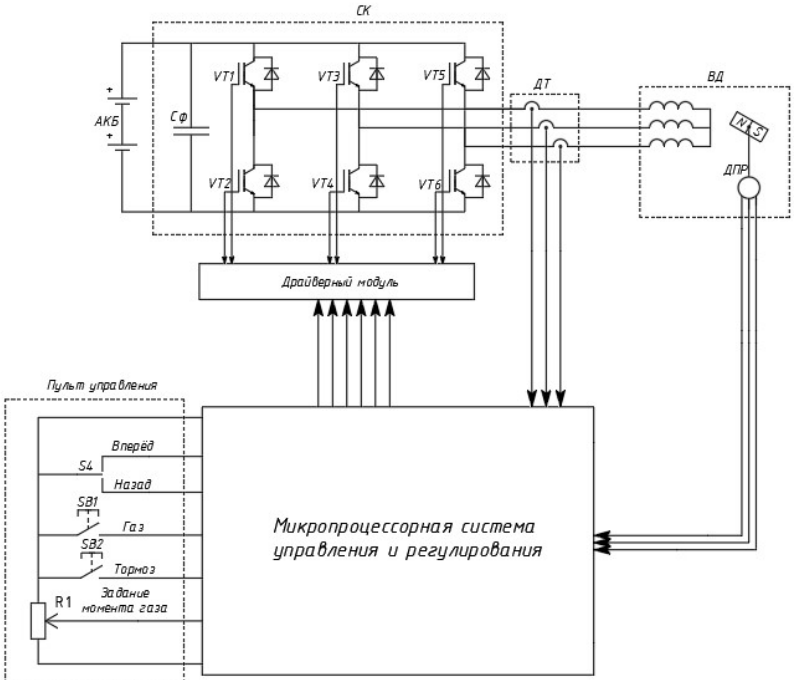


Рис.1. Функциональная схема тягового электропривода на базе вентильного двигателя с микропроцессорной системой управления

Функциональная схема состоит из нескольких основных узлов:

- вентильный двигатель с дискретным ДПР;
- силовой коммутатор;
- драйверный модуль;
- микропроцессорная система управления и регулирования;
- пульт управления.

Библиографический список

1. **Овчинников И. Е.** Вентильные электрические двигатели и привод на их основе (малая и средняя мощность) /: Курс лекций. - СПб.: КОРОНА-Век, 2006. - 336 с.: ил.
2. **Ваняев, В.В.** Преобразовательная техника: учеб. пособие / В.В. Ваняев. – НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2020. – 135 с.

УДК 621.314

УТКИН Е.А., СОКОЛОВ В.В.,ТИХОНОВ А.П.,ЧУГРОВ А.А.,

МИКРОПРОЦЕССОРНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТРАНЗИСТОРНЫМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ НА БАЗЕ STM32

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева.

В современных системах энергетики и автоматики транзисторные преобразователи выполняют множество задач, включая регулирование мощности, стабилизацию напряжения и защиту от перегрузок, что требует высокой надежности и адаптивности в условиях изменяющихся нагрузок. Освоение микроконтроллеров на базе STM32 позволяет значительно повысить гибкость таких систем за счет многозадачности, реального времени обработки сигналов и интеграции сложных алгоритмов управления.

В докладе рассматриваются ключевые аспекты микропроцессорного управления транзисторными преобразователями на базе STM32. Особое внимание уделено отработке ПИ-регулятора с предварительной обработкой сигналов датчика тока, разработке медианного фильтра для подавления шумов, а также формированию синусоидального сигнала двумя методами. Всё это отрабатывалось на схеме понижающего преобразователя.

Для анализа отработки программы были использованы пакеты имитационного моделирования *Matlab Simulink*и *SamSim.* Сравнение результатов моделирования и реального экспериментального макета позволяли учесть все недочёты и скорректировать работу программы.

На рис. 1 приведены осциллограммы, на которых производится наглядная отработка сигналов задания и работа ПИ-регулятора.

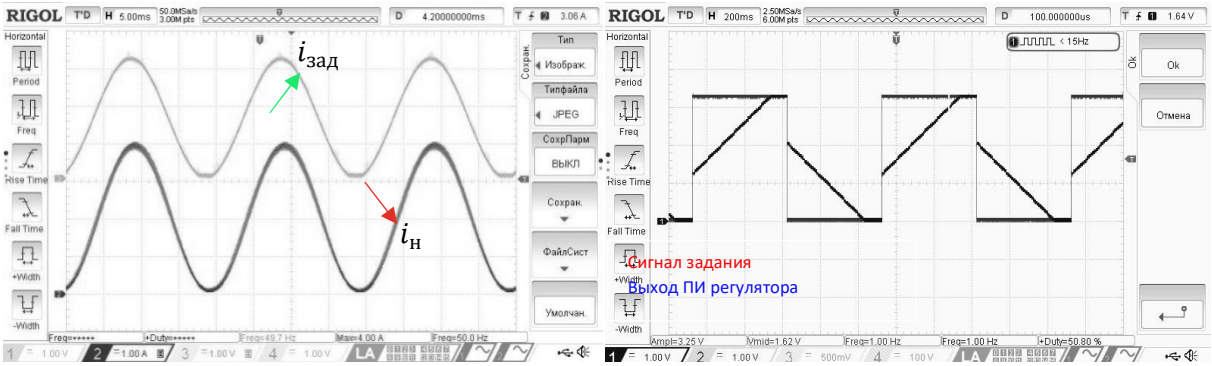


Рис. 1. Осциллограммы отработки сигналов задания на ток

По полученным результатам можно сделать вывод, что микроконтроллеры на базе STM32 обеспечивают множество возможностей для управления транзисторными преобразователями, включая ПИ-регуляторы, медианные фильтры и формирование синусоиды. Эксперименты в *Matlab Simulink* и *SamSim* подтвердили высокую точность работы системы на реальном макете. Такой подход значительно повышает надежность и эффективность преобразователей.

Библиографический список

1. NOVIELLO, C. *Mastering STM32: A step-by-step guide to the most complete ARM Cortex-M platform, using a free and powerful development environment based on Eclipse and GCC* / C. Noviello. — Lean Publishing, 2018. — 852 p.
2. Герман-Галкин С. Г. Matlab&Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК. - СПб.: Издательство «Корона.Век»,2011.—368 с , ил.

УДК 621.313.333.2

ХРАМОВ А.Е., ДАРЬЕНКОВ А.Б.

ПОЛУНАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Согласно постановлению Правительства Российской Федерации №1473 от 9 сентября 2023 г. «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности» [1] перед электроэнергетической отраслью нашей страны поставлена задача снизить к 2035 году энергоёмкость ВВП на 35% относительно 2019 г.

В этой связи всё более актуальным становится процесс интеграции частотно-регулируемого электропривода в промышленные отрасли России: машиностроительную, авиакосмическую, станкостроительную и др. Внедрение электроприводов такого типа позволяет снизить объём потребления электроэнергии до 40% по сравнению с аналогичным оборудованием без возможности регулирования частоты вращения двигателя [2].

Перспективным вариантом построения частотно-регулируемого электропривода является векторная система управления асинхронным двигателем (АД) без датчика скорости [3]. Это обосновывается высокой надежностью, низкой стоимостью и технологичностью АД в сравнении с другими типами электрических машин, а также возможностью системы управления обеспечить диапазон регулирования скорости 1:1000 и выше с одновременным снижением массы и габаритов готового комплекта электропривода.

Для достижения цели национального проекта «Экономика данных и цифровая трансформация государства» [4], заключающейся в цифровизации государственного и муниципального управления, экономики, промышленности и социальной сферы, необходимо на качественном уровне сокращать время на разработку частотно-регулируемых электроприводов.

Современным инструментом проектирования и апробации созданных микропроцессорных систем управления электроприводов является полунатурное моделирование. В рамках такого исследования весь проектируемый объект разделяется на две подсистемы: первая реализуется на программном уровне, а вторая – на аппаратном.

Для проведения полунатурных исследований авторами разработан цифровой двойник бездатчиковой системы векторного управления асинхронным электродвигателем с адаптивным наблюдателем состояния, в структуру которого включён идентификатор активных сопротивлений статора и ротора [5]. Исследуемая структура электропривода включает в себя персональный компьютер, на базе которого построена *Simulink*-модель преобразователя частоты и системы бездатчикового векторного управления АД. Посредством внутренних средств программы *MatLab* на основе имитационной модели сгенерирован программный код, который загружается в комплекс полунатурного моделирования «РИТМ» отечественного производства. Цифровой двойник электропривода рассчитывается в режиме реального времени на базе операционной системы «РИТМ», с которого по протоколу *Aurora* через оптоволоконный кабель данные задающих напряжений статора АД поступают в четырёх квадрантный усилитель мощности *Panovo*. К выходу усилителя подключена спарка двигателей и блок резистивной нагрузки. Для получения реального значения частоты вращения АД используются сигналы энкодера, которые обрабатываются микроконтроллером, а затем текущая частота вращения выводится на дисплей.

При проведении полунатурных исследований сравнивалась работа наблюдателя состояния и идентификатора параметров по данным, полученных из имитационной модели и от датчиков фазных токов и напряжений АД. Результаты научных изысканий показали следующие преимущества разработанной системы:

– оценка активного сопротивления статора и ротора асинхронного двигателя выполняется с погрешностью, не превышающей 0,05% во всём диапазоне частот вращения вала двигателя;

– совместная работа идентификатора параметров и наблюдателя состояния электродвигателя позволяет рассчитывать частоту вращения $\widehat{\omega}_R$, модуль потокосцепления ротора $\left|\widehat{\Psi}_R\right|$ и угол поворота ротора $\hat{\theta}_{\Psi R}$ с погрешностью, не превышающей 1,2% при изменении активных сопротивлений статора и ротора двигателя.

Библиографический список

1. Постановление Правительства РФ от 9 сентября 2023 г. № 1473 «Об утверждении комплексной государственной программы Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности». – *URL*: http://government.ru/docs/49471/. – Текст : электронный (дата обращения 30.03.2026).
2. Рынок электроприводов – размер, анализ, рост отрасли и тенденции 2024-2029 гг. – *URL*: https://www.mordorintelligence.com/ru/industry-reports/electric-drives-market. – Текст: электронный (дата обращения 30.03.2026).
3. Дарьенков, А.Б. Разработка и исследование адаптивного наблюдателя состояния асинхронного двигателя / А.Б. Дарьенков, А.Е. Храмов // Электроэнергетика глазами молодежи: материалы XIVМеждунар. науч.-техн. конф. –Т. 2. – 2024. – С. 193-196.
4. Национальный проект Российской Федерации «Экономика данных и цифровая трансформация государства». – *URL*: https://digital.gov.ru/target/naczionalnyj-proekt-ekonomika-dannyh-i-czifrovaya-transformacziya-gosudarstva. – Текст : электронный (дата обращения 30.03.2026).
5. Дарьенков, А.Б. Разработка системы идентификации активных сопротивлений статора и ротора асинхронного двигателя / А.Б. Дарьенков, А. Е. Храмов // Актуальные проблемы электроэнергетики: XLIVмеждунар. науч.-техн. конф. НГТУ им. Р.Е. Алексеева: сб. ст. конф. – 2025. – С. 62-74.

УДК 621.3.072

ЧУГРОВ А.А., ДАРЬЕНКОВ А.Б., ПЕТУХОВ Н.М., УТКИН Е.А.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРЕХФАЗНОГО АКТИВНОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ С ФАЗОВОЙ АВТОПОДСТРОЙКОЙ ЧАСТОТЫ В СРЕДЕ *MATLAB/SIMULINK*

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Современные трехфазные активные выпрямители напряжения (АВН) широко применяются в системах электропитания, регулируемых электроприводах и устройствах с рекуперацией энергии благодаря возможности обеспечения высокого коэффициента мощности и стабилизации выходного напряжения. Одной из ключевых задач управления является точная синхронизация работы транзисторного преобразователя с вектором напряжения питающей сети [1]. Для решения этой задачи используются системы фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ), позволяющие определять текущее значение частоты и фазы сетевого напряжения в условиях его нестабильности и искажений [2].

Для исследования работы АВН и отработки алгоритмов синхронизации в составе цифровой системы управления в среде *Matlab/Simulink* разработана имитационная модель, включающая в себя: силовую часть (трехфазный мостовой транзисторный преобразователь, входные электромагнитные дроссели, емкостной накопитель постоянного тока и блок нагрузки), систему измерения (датчики фазных напряжений и токов, датчик выходного напряжения), блоки координатных преобразований (Парка) для перехода в систему координат *dq*, вращающуюся синхронно с вектором напряжения сети, ПИ-регуляторы внешнего контура напряжения и внутреннего контура тока с компенсацией перекрестных связей, а также блок фазовой автоподстройки частоты, формирующий угловое положение вращающейся системы координат на основе измеренного фазного напряжения одной фазы.

Особенностью реализации модели ФАПЧ является применение структурных решений, направленных на повышение точности оценки параметров сетевого напряжения в статических и динамических режимах. Структура модели предусматривает возможность настройки параметров контуров оценки для достижения требуемой скорости сходимости и помехоустойчивости.

С помощью разработанной модели проведены серии вычислительных экспериментов для различных типов нагрузки. Оценка качества тока, потребляемого АВН из сети, производилась по величине коэффициента нелинейных гармонических искажений *THD*. Полученные значения удовлетворяют требованиям ГОСТ Р 51317.3.4-2006, что подтверждает эффективность работы системы синхронизации и управления.

Разработанная имитационная модель позволяет проводить углубленный анализ работы активного выпрямителя при различных режимах нагрузки и аномалиях питающей сети, а также служит основой для настройки параметров цифровой системы управления. Дальнейшие исследования будут направлены на адаптацию алгоритмов ФАПЧ к условиям значительных искажений сетевого напряжения и расширение функциональных возможностей модели.

Библиографический список

1. Ваняев В.В. Преобразовательная техника: учеб. пособие / В.В. Ваняев. – НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2020. – 135 с.
2. Golestan S., Guerrero J.M., Vasquez J.C. Enhanced Phase-Locked Loop Structures for Power and Energy Applications. – IEEE Transactions on Power Electronics, 2017. – Vol. 32, No. 12. – P. 8939–8953.

УДК 621.313.3

ШАЛИН Д.Д., КОРОБЕЙНИКОВА Е.В., ПОДОСОКОРСКИЙ М.А., ПОТАПОВ М.С.

РАЗРАБОТКА СИЛОВОГО КОММУТАТОРА И БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА НА ОСНОВЕ МОТОР-КОЛЕСА

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева

Активное развитие электротранспорта, электро-автомобилестроения и средств индивидуальной мобильности выдвигает повышенные требования к электроприводам. Ввиду этого широкое применение нашли такие устройства как мотор-колесо, у которого, как и у вентильного двигателя постоянные магниты на роторе, а обмотки и датчик положения – на неподвижном статоре. Вентильный двигатель и мотор-колесо – это обращенные машины постоянного тока, в промышленности их называют бесколлекторными машинами постоянного тока (BLDC). В этих двигателях реализована самокоммутация фаз статора (переключение осуществляется по сигналам с датчика положения ротора), а регулирование скорости, как и в двигателях постоянного тока, осуществляется за счет изменения напряжения, подводимого к статору [1].

Ключевым элементом в таких электроприводах является силовой коммутатор, реализованный на основе IGBT или MOSFET-транзисторов выполненный на базе трехфазного инвертора напряжения [2,3].

В докладе приводятся результаты проектирования инвертора напряжения и блока управления для мотор-колеса мощностью 500 Вт. Силовой коммутатор выполнен на базе MOSFET транзисторов IRFB4110. Сигнал управления на затворы силовых транзисторов подаётся через драйвер HCPL-3120, отличительной чертой которого является наличие оптической гальванической развязки. Для регулирования выходного напряжения преобразователя и соответственно скорости двигателя применяется ШИМ-регулирование с частотой 10кГц. Источником питания выступает аккумуляторная батарея на 48 В. Система управления и регулирования - микропроцессорная, реализована на базе микроконтроллера STM32. Принципиальная схема одного канала силового коммутатора приведена на рис. 1.

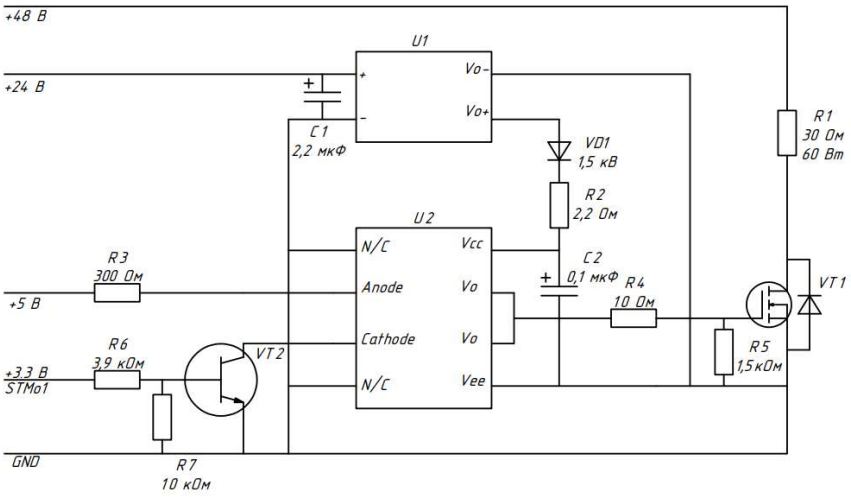


Рис. 1. Принципиальная схема управления транзистором силового коммутатора

На данном этапе работы был проведён анализ работы имитационной модели с заторможенным двигателем в ПО Matlab/Simulink, собран модуль управления одним силовым транзистора с драйвером. Источником питания для драйвера и для транзистора выступал лабораторный источник питания на 15В и 2А. Для имитации ШИМ сигнала с STM32 использовался генератор сигналов специальной формы АКИП-3407/2. Результаты эксперимента представлены на рис. 2.

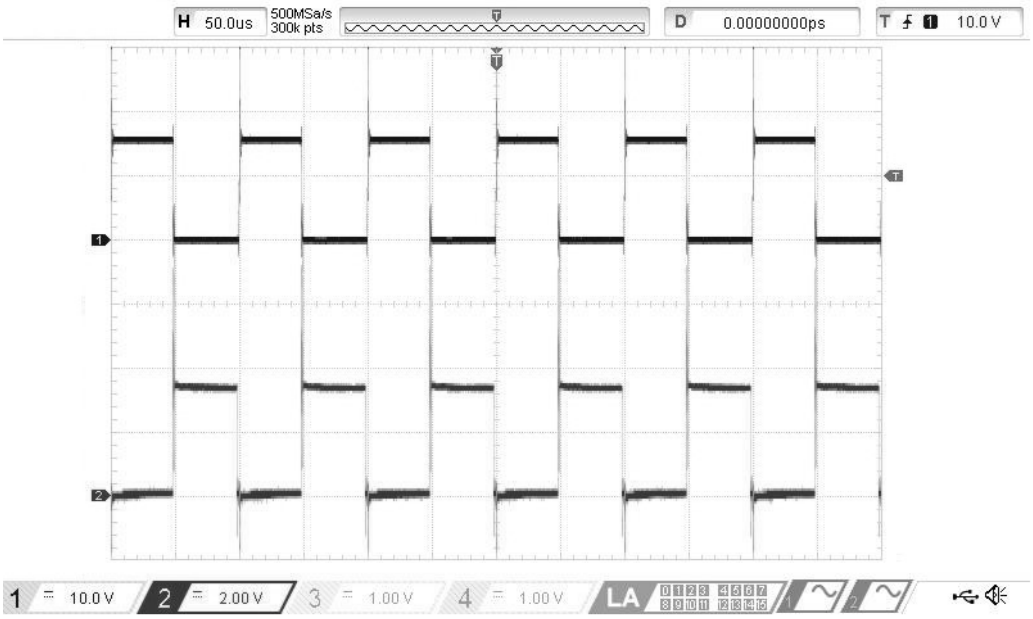


Рис. 2. Осциллограмма сигналов: верхний сигнал – напряжение на транзисторе; нижний сигнал – напряжение управления

Дальнейшим этапом будет разработка печатной платы для силового коммутатора в ПО AltiumDesign с дальнейшей проверкой работы схемы на реальном мотор-колесе с питанием от аккумуляторной батареи.

Библиографический список

1. Овчинников И. Е**.** Вентильные электрические двигатели и привод на их основе (малая и средняя мощность) /: Курс лекций. - СПб.: КОРОНА-Век, 2006. - 336 с.: ил.
2. Терехов В. М. Система управления электроприводов: учебник / В. М. Терехов, О. И. Осипов. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 296 с.
3. Анучин А. С. Системы управления электроприводов: учебник для вузов / А. С. Анучин – М.: Издательский дом МЭИ, 2015. – 373 с.

УДК 621.313.3

ЮРОВ А.В., ПОТАПОВ М.С., ШАЛИН Д.Д.

АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПРОЦЕССОВ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА НА ОСНОВЕ ВЕНТИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева

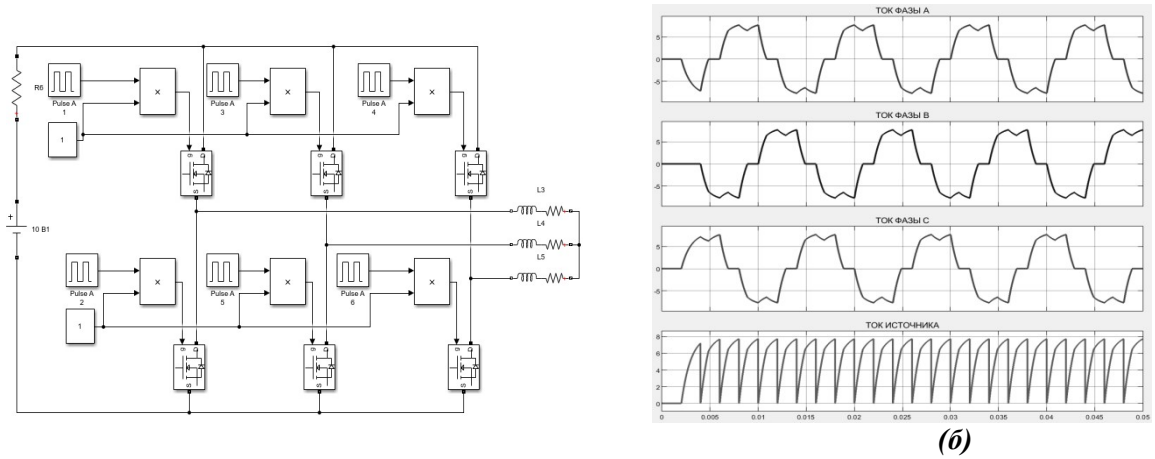
Тенденция массового внедрения вентильных двигателей в современные системы электропривода не только сохраняется по сегодняшний день, но и возрастает. Их несложная конструкция и небольшие габариты позволяют размещать двигатель внутри конечного устройства. Отсутствие коллекторного узла и нагреваемых частей на роторе в разы повышают его надежность и эффективность по сравнению с электроприводом постоянного тока. Также это практически исключает профилактический уход за двигателем в процессе эксплуатации.

На данный момент наиболее оптимальное применение вентильный двигатель находит в устройствах малой мощности. В качестве примеров можно привести различные средства индивидуальной мобильности: электроскутеры, гироскутеры, электросамокаты, моноколеса.

Помимо этого, они широко применяются и развиваются в таких отраслях промышленности, как робототехника, станкостроение, автомобилестроение и многих других.

В настоящее время большинство блоков управления вентильными двигателями имеют проприетарное программное обеспечение. Для создания отечественного блока управления с открытым программным обеспечением требуется глубокий анализ электромагнитных процессов, который и является основной целью данной работы.

В докладе приводятся результаты аналитического расчета токов и напряжений при переключении фаз статора в заторможенном вентильном двигателе, которые были подтверждены имитационным моделированием в ПО *MATLAB Simulink* и *MicroCap*. Результаты анализа использованы как при разработке блока управления и регулирования вентильным двигателем, так и при разработке силового коммутатора, переключающего фазы статора.Силовая часть модели в пакете *MATLAB Simulink* и осциллограммы токов в фазах статора заторможенного двигателя приведены на рис. 1.



(а) *(б)*

Рис. 1. Силовая схема имитационной модели вентильного двигателя (а),осциллограммы токов в фазах статора и тока источника (б)

Библиографический список

1. Чернов Е.А., Кузьмин В.П. Комплектные электроприводы станков с ЧПУ: Справочное пособие.- Горький: Волго-Вятское кн. изд-во, 1989.-320 с., нл.
2. Овчинников И. Е. Вентильные электрические двигатели и привод на их основе (малая и средняя мощность) /: Курс лекций. - СПб.: КОРОНА-Век, 2006. - 336 с.: ил.

Подсекция 2.2

Эффективность систем электроэнергетики

УДК 621.311.1

АККАД А.Ф.[(1)], СОСНИНА Е.Н.[(2)]

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ *D- STATCOM* С НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКОЙ 2-ГО ТИПА В РЭС С ВИЭ

Университет Алеппо, Сирийская Арабская Республика [(1)]
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева[(2)]

Интеграция возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в распределительные электрические сети (РЭС) 0,4–20 кВ негативно влияет на качество электроэнергии, поставляемой потребителям, вызывая колебания мощности и напряжения, а также гармонические составляющие тока [1]. *D-STATCOM* (распределительный статический синхронный компенсатор) является эффективным средством поддержания стабильности напряжения и улучшения качества электроэнергии в РЭС 0,4–20 кВ. В работе исследуется эффективность подхода к управлению *D-STATCOM* на основе искусственного интеллекта – нечёткой логики (НЛ) 2-го типа. В отличие от традиционного ПИ(ПИД) управления, регулирование параметров РЭС на основе НЛ не требует математической модели, а следовательно, *D-STATCOM* имеет лучшую реакцию и быстрое время отклика, что важно для работы с нелинейными системами (ВИЭ) [2]. Возможно применение НЛ 1-го и 2-го типа. Отличие состоит в том, что НЛ 1-го типа часто не позволяет адекватно описать имеющуюся неопределенность (стохастичность ВИЭ). НЛ 2-типа лучше справляется с неопределенностью, что объясняется введением дополнительного уровня неопределенности, где фактическое значение связано с интервалом степеней сходства [3]. Две функции принадлежности связаны с каждой лингвистической переменной, имеющей характерную заштрихованную область, известную как след неопределенности *FOU* (*Footprint of Uncertainty*). След неопределенности описывает неопределенность относительно степеней сходства.

Разработан алгоритм управления *D-STATCOM* на основе теории мгновенной мощности (*p-q* теория) с использованием двух регуляторов: напряжения (метод Мамдани) и тока (метод Сугено). Проведено *MATLAB*-моделирование четырех сценариев регулирования параметров РЭС с подключенными ВИЭ (солнечная и ветровая электростанции): 1) без регулирования; 2) с ПИ-регулированием; 3) на основе НЛ 1-го типа; 4) на основе НЛ 2-го типа. Выполнено сравнение сценариев при влиянии ВИЭ на параметры РЭС (колебания напряжения и несинусоидальность тока). Результаты сравнения показали преимущество алгоритма, основанного на НЛ 2-го типа, и подтвердили эффективность применения *D-STATCOM* с НЛ 2-го типа для повышения качества электроэнергии при подключении к РЭС источников распределенной генерации на основе ВИЭ.

Библиографический список

1. Akkad A. F., Erdili N., Sosnina E. Application of a Fuzzy Logic Controller in a D-STATCOM in an Electrical Network with Distributed Generation// International Russian Smart Industry Conference (SmartIndustryCon) 2023. DOI:10.1109/SmartIndustryCon57312.2023.10110819.

2. Aguiar R.A., Franco I.C., Leonardi F., Comparative Analysis of Type-1 and Type-2 Fuzzy Controllers: Exploiting Synergies for Improved Control System Performance // The Journal of Engineering and Exact Sciences 2023. Vol. 09. No. 04.
3. Аккад А.Ф., Соснина Е.Н. Применение нечеткой логики 2-го типа для управления *D-STATCOM* в РЭС с ВИЭ // Интеллектуальная электротехника, 2025. – № 4. – С. 4-22.

УДК621.355

АЛЕШИН П.А., ШАЛУХО А.В., АЛЕШИН Д.А.

К ВОПРОСУ О ВЫБОРЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ЭНЕРГОЕМКОСТИ СИСТЕМ НАКОПЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ ПОВТОРНО ИСПОЛЬЗУЕМЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время во многих странах мира, в том числе и в России, активно развивается электротранспортная отрасль. В связи с этим появляются риски перегрузок электрических сетей, а также усиления отрицательного воздействия на экологию при нарушении технологий утилизации отработавших аккумуляторных батарей (АБ). Перспективным является направление, связанное с повторным применения отработавших АБ электротранспорта в стационарных системах накопления электроэнергии.

Целью работы является разработка подхода к выбору оптимальной номинальной энергоемкости систем накопления на основе повторно используемых АБ электротранспорта. В основе предложено использовать критерий удельной стоимости накопления энергии (Levelized Cost of Storage – LCOS) [1]:

$$\mathrm{LCOS} = \frac{З_{\mathrm{КАП}} + \sum_{t=1}^{T} \frac{(З_{\mathrm{РИ}t} + З_{\mathrm{ПЕР}t})}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^{T} \frac{W_{\mathrm{ЭЭ}t}}{(1+r)^t}}, \quad (1)$$

где $З_{\mathrm{КАП}}$ – капитальные затраты на систему накопления; $З_{\mathrm{РИ}}$ – реинвестиции на замену АБ в процессе эксплуатации системы накопления; $З_{\mathrm{ПЕР}}$ – переменные затраты, учитывающие затраты на обслуживание и прибыль от использования системы накопления; t – номер года эксплуатации системы накопления; T – расчетный срок проекта по использованию системы накопления; r – ставка дисконтирования, %;

Низкая стоимость повторно используемых АБ позволяет проводить их периодическую замену. Интервал времени между заменами будет зависеть от глубины разряда АБ и значения остаточного ресурса, при котором завершится повторное использование АБ.

На основе (1) предложен подход к выбору оптимальной номинальной энергоемкости системы накопления, состоящий из четырех этапов. На первом этапе задаются исходные данные, включая технические параметры АБ. Далее по стандартным методикам определяются значения выдаваемой мощности системы накопления и обменной энергоемкости. На третьем этапе принимается значение допустимого остаточного ресурса АБ. На заключительном этапе определяется номинальная энергоемкость накопителя, задается функция LCOS и находится ее минимум. В качестве дополнительного критерия выбора энергоемкости можно использовать количество АБ в составе системы накопления. Минимизация количества АБ позволит снизить массогабаритные показатели и затраты на обслуживание системы.

Исследование выполнено в рамках государственного задания в сфере научной деятельности (тема №FSWE-2025-0002).

---

1. Шалухо А.В., Чивенков А.И., Алешин Д.А., Алешин П.А. Разработка методики определения номинальной энергоемкости стационарных накопителей электроэнергии на основе вторично используемых аккумуляторных батарей электромобилей. Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2026. – № 3. – С. 50-57. – DOI 10.25791/pribor.3.2026.1660. – EDN JFWBCO.

УДК 621.352.6+629.735

БУЗИН Н.А., ЛИПУЖИН И.А.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГИБРИДНЫХ ЭНЕРГОУСТАНОВОК БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ С ВОДОРОДНЫМИ ТОПЛИВНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Отрасль беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) является одной из наиболее быстро развивающихся направлений в современном мире. Основным ограничением широкого использования БПЛА является малая продолжительность полета при использовании литий-ионных аккумуляторов. Перспективным источником питания для энергоустановок БПЛА являются низкотемпературные водородные топливные элементы, которые отличаются высокой энергоэффективностью и экологичностью [1].

Работа посвящена повышению эффективности гибридных энергоустановок на основе водородных топливных элементов и аккумуляторных батарей (АБ) для совершенствования летно-технические характеристик БПЛА. Актуальной задачей является разработка системы управления, обеспечивающей оптимальные режимы работы энергоустановки, надежность функционирования и сохранение эксплуатационного ресурса с учетом изменяющихся внешних и внутренних факторов.

Выбор оптимальной стратегии управления зависит от множества факторов и поэтому требует решения комплекса задач:

1) выбор типа и конструкции БПЛА;
2) анализ конструктивных особенностей и летно-технических характеристик БПЛА;
3) разработка структурной схемы энергоустановки для БПЛА;
4) расчет оптимальных параметров источников питания в составе энергоустановки;
5) разработка имитационной компьютерной модели;
6) разработка алгоритмов системы управления энергетической установкой;
7) проведение исследований на имитационной компьютерной модели.

В основе алгоритма системы управления энергоустановкой БПЛА планируется использовать адаптированную стратегию минимизации эквивалентного потребления (*Equivalent Consumption Minimization Strategy, ECMS*) [2]. *ECMS* представляет электроэнергию АБ как эквивалентное количество водорода, которое необходимо будет потратить или сэкономить в будущем, чтобы вернуть аккумулятору исходный уровень заряда (*SOC*). Таким образом, алгоритм сводит задачу управления двумя разнородными источниками энергии к единой цели – минимизации мгновенного суммарного потребления водорода, что позволяет увеличить время полета БПЛА.

ECMS имеет ряд недостатков: отсутствие адаптации к динамическому изменению нагрузки, а эффективность алгоритма существенно зависит коэффициента эквивалентности. Поэтому требуется разработка алгоритмов, способных в режиме реального времени адапти-

роваться к изменениям параметров системы и внешним воздействиям, обеспечивая необходимые летно-технические характеристики БПЛА и ресурс гибридной энергоустановки.

Исследование выполнено в рамках государственного задания в сфере научной деятельности (тема №FSWE-2025-0001).

Библиографический список

1. TakY. C. etal. Drone endurance in hydrogen fuel cell hybrid technologies: Power architectures and design strategies // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2026. – Vol. 225. – 116161.
2. X. Guo et al., Integrated energy-efficient planning and management framework for autonomous long-endurance flight of hydrogen fuel cell/battery hybrid UAVs // IEEE/ASME Transactions on Mechatronics. 2025. Vol. 30. No. 6. P. 6337-6347.

УДК 621.31

ГРОБОВ А.А., АЛЕКСАНДРОВА Е.Н., ЦЕЛИЩЕВ И.Н.

АВТОМАТИЗАЦИЯ МУФЕЛЬНОЙ ПЕЧИ С ПРОГРАММИРУЕМЫМ ПРОФИЛЕМ ТЕРМООБРАБОТКИ НА БАЗЕ ПЛК SIEMENS

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Муфельные печи, применяемые в металлургии, химической промышленности, производстве керамики и лабораторной практике, требуют не только высокой температурной устойчивости, но и гибкости в управлении режимами нагрева, выдержки и охлаждения. При этом традиционные системы регулирования, основанные на аналоговых термостатах или простых цифровых контроллерах, оказываются недостаточными. Они не способны реализовывать многоступенчатые профили с заданной скоростью изменения температуры, точным временем выдержки и контролем на каждом этапе.

Для управления муфельной печью в качестве платформы управления выбран программируемый логический контроллер Siemens S7-1200, взаимодействующий с панелью оператора KTP700 Basic. Управляющая логика реализована на языке LAD в среде TIA Portal. Особенностью решения является возможность изменения параметров профиля в реальном времени, сохранения предустановок, визуализации температурного графика и автоматического перехода между этапами нагрева, выдержки и охлаждения.

Управляющая логика системы построена на пошаговом алгоритме:

– инициализация параметров профиля;
– нагрев до заданной температуры;
– изотермическая выдержка в течение заданного времени;
– охлаждение и завершение цикла.

Дополнительно реализован релейный регулятор температуры, работающий в зоне нечувствительности (гистерезис ±2 °C), и блок выдержки времени. Полученные кривые нагрева, выдержки и охлаждения имеют экспоненциальную форму и соответствуют теоретическим. Проведённое моделирование и испытания подтвердили корректность работы системы при различных режимах термообработки. Функция сохранения профилей, визуализация процесса и защита от аварийных ситуаций обеспечивают её применимость в лабораторных установках, учебных стендах и малосерийных производственных системах.

Предложенное решение может быть адаптировано для других видов термического оборудования и процессов, где требуется точное соблюдение температурных режимов, в том числе в керамическом производстве, металлургии, микроэлектронике и термоанализе. Внедрение подобных систем автоматизации способствует повышению энергоэффективности,

снижению операционных рисков и обеспечению технологической надёжности в соответствии с современными стандартами промышленной автоматизации.

Библиографический список

1. Шишов, О. В. Программируемые логические контроллеры. Учебник / О. В. Шишов. Москва: НИЦ Инфра-М, 2024. 461 с.
2. Сокунов, Б. А. Электротермические установки: Учебное пособие / Б. А. Сокунов, Л.С.Гробова. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ - УПИ, 2004 – 122 с.
3. Гунько, А. В. Системы автоматизации технологических процессов: учебное пособие / А. В. Гунько. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017. – 94 с.
4. Чернов, Е. А. Электроавтоматика контроллеров фирмы «Сименс»: Учебное пособие / Е. А. Чернов, Д. Ю. Титов
5. Программируемые контроллеры S7-1200: Техническая спецификация / ООО “Сименс” 2017 – 234 с.
6. Титаев, А. А. Промышленные сети: Учебное пособие / А.А. Титаев; Мин-во науки и высшего образования РФ. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2020.— 124 с.
7. Программируемые логические контроллеры для управления технологическими процессамию. Е. Лившиц, В. И. Лакин, Ю. И. Монич. – Минск : БНТУ, 2014. – Ч. 1. – 206 с
8. SIMATICS7 Программируемый контроллер S7-1200: Системное руководство / Siemens AG. – 2015. – 1296 с. [Электронный ресурс] – URLhttps://support.industry.siemens.com/cs/mdm/107623221?c=73837491339&dl=ru&lc=en-AE

УДК 621.352.6

ЕРШОВА А.М., МУРАШОВ А.Д., ШАЛУХО А.В.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ ГИБРИДНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ПИТАНИЯ НА ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ ДЛЯ БПЛА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Важное направление в области совершенствования гибридных источников питания на основе топливных элементов (ТЭ) и аккумуляторных батарей (АБ) связано с развитием систем их управления, позволяющих достигать наибольших значений показателей эффективности за счет оптимального распределения мощности нагрузки. В рамках решения данной задачи авторами разработан алгоритм управления гибридным источником с ТЭ и АБ для БПЛА на основе метода конечных автоматов, учитывающий возможные сценарии работы системы и направленный на обеспечение функционирование ТЭ в зоне наибольшей эффективности.

Алгоритм основан на распределении мощности между ТЭ и АБ в зависимости от текущих значений мощности нагрузки и уровня заряда АБ, который может быть высоким, средним и низким. В зависимости от уровня заряда и мощности нагрузки задается опорный ток преобразователя, который определяет выдаваемую ТЭ мощность.

Для отработки алгоритма управления разработана имитационная компьютерная модель, позволяющая задавать различные циклограммы потребления мощности БПЛА. Модель основана на математических выражениях, определяющих расход водорода ТЭ и изменение уровня заряда АБ. Для определения расхода водорода ТЭ использовано эмпирическое выражение, полученное с помощью экспериментальных исследований ТЭ с полимерной протонобменной мембраной мощностью 1 кВт:

$$V=(0.000006\cdot P\text{опт}^2+0.0057\cdot P\text{опт}+1.9724)\cdot t_i\,, \qquad (1$$

где *Р*опт – оптимальное значение выдаваемой ТЭ мощности, Вт; t_i – время работы БПЛА на заданной нагрузке, мин.

Разработанная модель позволяет воспроизводить сценарий подзарядки АБ от ТЭ при среднем и низком уровне заряда. Так, при определённых значениях мощности нагрузки часть вырабатываемой ТЭ мощности используется для подзаряда АБ, что обеспечивает работу ТЭ в зоне с более высоким КПД и может продлить время нахождения БПЛА в воздухе. Результаты моделирования показали, что в сравнении с типовыми подходами к управлению разработанный алгоритма управления гибридным источником позволяет учитывать текущие характеристики системы и эффективно распределять нагрузку между АБ и ТЭ, обеспечивая длительную работу БПЛА.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-29-01676, https://rscf.ru/project/25-29-01676/.

---

1. Loskutov A., Dar'enkov A., Lipuzhin I., Shalukho A., Bedretdinov R., Vanyaev V., Shakhov A. Energy management system for hybrid PEMFC-battery power source for stationary consumers. International Journal of Hydrogen Energy. – 2024. – Vol. 55. – P. 1109-1121. – DOI 10.1016/j.ijhydene.2023.11.275.

УДК 621.316.11

ЖАРЕНКОВ С.А., ГУСЕВ Д.А., СОСНИНА Е.Н.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ УЧАСТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ С МНОГОСТОРОННИМ ПИТАНИЕМ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Недостатки традиционной централизованной энергетики (уязвимость для внешних угроз, включая физические и кибератаки, техногенные аварии и др.) и поиск альтернативных источников энергии обусловило быстрое развитие распределенной генерации (РГ) на основе энергоустановок, использующих возобновляемые энергоресурсы [1]. Однако стохастический характер и нестабильность выработки электроэнергии возобновляемых источников энергии (ВИЭ) делает неэффективными традиционные методы централизованного регулирования электропотреблением, что требует новых технических решений по управлению потоками мощности в распределительных электрических сетях (РЭС) с многосторонним питанием.

Исследования направлены на повышение управляемости системы электроснабжения потребителей, получающих питание как от ВИЭ, так и от централизованной электрической сети, с использованием технологий интернета энергии (ИЭ) [2]. В РЭС среднего напряжения, построенной по принципу ИЭ, взаимодействие между централизованной сетью, объектами РГ и потребителями обеспечивается с помощью устройств активно-адаптивного управления перетоками мощности (энергороутеров), встраиваемых во взаимосвязанные ЛЭП. Применение энергороутеров позволяет реализовать маршрутизацию электроэнергии, перераспределение потоков мощности между альтернативными путями ее передачи, локальную балансировку генерации и нагрузки, а также минимизацию потерь и снижение перегрузки узлов.

В работе в качестве энергороутера рассматривается тиристорный регулятор напряжения (ТРН) [3], позволяющий управлять потоком и качеством электроэнергии с помощью регулирования амплитуды и фазового сдвига вектора выходного напряжения. Поставленная цель – доработка и исследование функциональных возможностей физической модели участка интеллектуальной электрической сети с многосторонним питанием. Физическая модель должна позволять оценивать эффективность регулирования ТРН, встроенных в параллель-

ные ЛЭП РЭС с позиций обеспечения допустимых уровней напряжения в узлах нагрузки и оптимизации перетоков мощности.

Рассмотрены этапы доработки физической модели, выполненной на напряжение 0,4 кВ, приведены результаты исследования ее функциональности и описана возможность масштабирования полученных результатов.

Библиографический список

1. **Chatzistylianos E.S., Psarros G.N., Papathanassiou S.A.** Export Constraints Applicable to Renewable Generation to Enhance Grid Hosting Capacity // Energies, 2024. – Vol. 17 (11). – P. 1–28.
2. **Li R.** Research on Key Challenges and Technologies Ahead for Energy Internet to Net Zero Emissions // 6th International Conference on Renewable Energy and Power Engineering, September, 2023. – P. 358–364.
3. **Соснина Е.Н., Кралин А.А., Бедретдинов Р.Ш., Крюков Е.В., Гусев Д.А.** Исследование режимов работы в замкнутой электрической сети 10 кВ с источником распределенной генерации и тиристорным регулятором напряжения // Электротехника, 2025. – № 10. – С. 26–37.

УДК 621.31

ИВАНОВ А.В., БЕДРЕТДИНОВ Р.Ш., СОСНИНА Е.Н.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОЕКТИВНОЙ ГЕОМЕТРИИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ *SMARTGRID*

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Важным этапом развития электроэнергетики является постепенный переход к интеллектуальным электрическим сетям (*SmartGrid*), отличительной особенностью которых является широкое применение источников распределенной генерации и *FACTS*-устройств. Управляемость сети обеспечивается полупроводниковыми устройствами, искажающих форму синусоидального напряжения и тока сети. При проектировании электротехнических комплексов (ЭТК) *SmartGrid* с элементами силовой электроники требуется определение не только амплитудно-частотного спектра несинусоидальных искажений, но и описание самого «механизма» изменения параметров режимов *SmartGrid*. Классические методы, используемые для анализа статических процессов в традиционной сети, неприменимы к *SmartGrid*, так как требуют пересчета базисных величин. Исключить этот недостаток позволяет подход, основанный на применении теории проективной геометрии [1, 2].

Цель исследований – применение подхода на основе принципов проективной геометрии для описания динамики изменения параметров режимов *SmartGrid* и оценки влияния ЭТК с элементами силовой электроники на качество электроэнергии электрической сети. Объектом исследования выбран участок *SmartGrid* с *FACTS*-устройством.

Согласно методу проективной геометрии участок *SmartGrid* представлен активным двухполюсником, к которому подключено изменяющееся во времени сопротивление. Благодаря инвариантным соотношениям, применение метода проективной геометрии позволило выполнить детальное изучение свойств *SmartGrid* с переменными (изменяемыми) режимами работы и провести качественный анализ изменения параметров электрической сети. Предлагаемый подход позволяет описать динамику изменения параметров режима *SmartGrid* в наглядной геометрической интерпретации и учесть взаимное влияние ЭТК *SmartGrid* [3].

Исследование выполнено в рамках государственного задания в сфере научной деятельности (тема №FSWE-2025-0001).

Библиографический список

1. Penin A. Analysis of Electrical Circuits with Variable Load Regime Parameters: Projective Geometry Method. Springer International Publishing, Cham, Switzerland, 2020, 520 p.
2. Пенин А.А. Применение нейронной сети для расчета сопротивления нагрузок с учетом инвариантных свойств соотношения вход–выход многополюсников // Электричество. – 2022. – № 4. – С. 47-58.
3. Sosnina E., Bedretdinov R., Ivanov A. Application of the Projective Geometry Principle to Describe the Dynamics of Smart Grid Modes // In Proceedings of the 11th International Conference on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT 2025), pp. 1-5.

УДК 621.3

КРАЛИНА Н.А., КРАЛИНА Л.А., КРЮКОВ Е.В., ДАРЬЕНКОВ А.Б., ЦЕЛИЩЕВ И.Н.

МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОНОМНОЙ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ С ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРОМ И НАКОПИТЕЛЕМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В условиях роста децентрализации энергетики увеличивается число автономных систем электроснабжения удаленных потребителей [1]. На практике в таких системах широко применяются дизель-генераторы, работающие с постоянной частотой вращения. Однако при переменной нагрузке это приводит к повышенному расходу топлива и ускоренному износу оборудования. При этом, общемировой тенденцией является повышение эффективности использования углеводородного топлива. Одним из направлений является применение энергоустановок, включающих дизель-генератор с переменной частотой вращения в сочетании с накопителем энергии. В такой конфигурации появляется возможность адаптации режима работы двигателя к текущей нагрузке, а также перераспределения мощности между источниками.

Известна модель, представленная в [2], предназначенная для анализа переходных процессов в режимах коммутации пиковых нагрузок. В то же время, для разработки и отладки алгоритмов управления необходима имитационная модель, с использованием которой можно провести анализ динамических режимов работы. Авторами разработана модель в среде *MATLAB Simulink*, включающая дизельный двигатель внутреннего сгорания, синхронный генератор, элементы силовой электроники (выпрямитель, автономные инверторы, трансформаторы), аккумуляторную батарею и систему управления.

Система управления формирует оптимальную частоту вращения двигателя на основе текущей мощности нагрузки и состояния аккумуляторной батареи. Это обеспечивает работу дизельного двигателя в экономичном режиме. Аккумулятор используется для компенсации пиковых нагрузок и резервирования питания.

Проведено исследование работы установки при изменении мощности нагрузки. Рассмотрен режим ступенчатого изменения нагрузки. Установлено соответствие требованиям к качеству электроэнергии в сетях низкого напряжения.

Таким образом, разработанная модель позволяет анализировать динамические режимы работы и может быть использована для оптимизации алгоритмов управления, направленных на снижение расхода топлива, уменьшение износа оборудования и обеспечение требуемого качества электроэнергии.

Дальнейшие исследования будут направлены на совершенствование алгоритмов управления для оптимизации расхода топлива с адаптацией под график нагрузки потребителя.

Исследование выполнено в рамках государственного задания в сфере научной деятельности (тема №FSWE-2025-0001).

Библиографический список

1. **Дарьенков, А.Б.** Автономные дизель-генераторные установки переменной частоты вращения / А.Б. Дарьенков, О.С. Хватов; – Н. Новгород: НГТУ, 2023. – 283 с.
2. **Хватов, О.С.** Моделирование переходных процессов в дизель-генераторной установке переменной частоты вращения с буферным накопителем энергии / О. С. Хватов, А. Б. Дарьенков, Д. С. Кобяков [и др.] // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2019. – № 1(124). – С. 130-137.

УДК 621.31

МАМБВЕ М.М., АНДРЕЕВ В.В.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ НАНОЖИДКОСТИ AL_2O_3 В МИКРОПИНОВЫХ РАДИАТОРАХ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

На основе литературных данных в этой статье представлен прогноз коэффициента гидравлического сопротивления ζ для наножидкости Al_2O_3/вода (φ = 3%) в микроканальном радиаторе с закрученной лентой [1]. На рис. 1 показана прогнозируемая кривая, полученная с использованием метода обобщающего анализа [2]. Кривая уменьшается от ζ ≈ 5,05 при Re = 0 до ζ ≈ 1,55 при Re = 400 и аппроксимируется экспоненциальной функцией $\zeta = 1{,}27e^{-0{,}0311}\cdot\mathrm{Re} + 1{,}32$, что объясняется сдвиговым разжижением вследствие разрушения агрегатов наночастиц.

Критическое число Рейнольдса $Re_{кр}$ ≈ 260–270, что значительно ниже классического значения 2300, объясняется тремя факторами: закрученной лентой, микроканальной геометрией и присутствием наночастиц Al_2O_3, ускоряющих переход к турбулентности. Оценка погрешности дала MAE = 0,115 и RMSE = 0,157. Относительные ошибки при Re = 60, 100 и 150 составили –0,8%, –2,11% и +6,33% соответственно. Метод надёжен для предварительных инженерных расчётов с допустимой погрешностью ±10%. Несмотря на ограничения (малое количество точек сравнения, допущение о чистой жидкости), предложенный подход служит практическим инструментом для проектирования компактных систем охлаждения микроэлектроники.

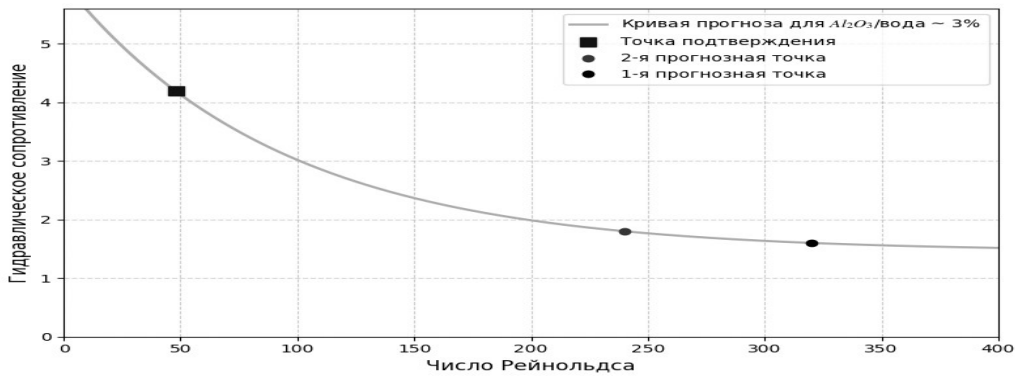


Рис. 1. Прогнозная кривая гидравлического сопротивления для наножидкости Al_2O_3/вода (φ = 3%), протекающей через микроканальный радиатор с вставкой в виде закрученной ленты (Источник: составлено авторами)

Библиографический список

1. Кумар С., Котхиял А. Д., Бишт М., Кумар А. Численный анализ тепло-гидравлических характеристик нано-жидкости Al_2O_3–H_2O, текущей через мини-канал квадратного сечения с выступающими препятствиями // Тематические исследования в области теплотехники. – 2017. – Т. 9. – С. 4.
2. Андреев, В.В., Самойлов, А.М., Тарасова, Н.П., Андреева, О.В., Никулина, А.М. Анализ обобщенных параметров гидравлические характеристики // Научно-технический вестник Поволжья. - 2023. - № 11. - С. 143-145.

УДК 621.316.86

МАРКЕЕВА Т.М.

ТРУБЧАТЫЕ БЕЗИНДУКТИВНЫЕ РЕЗИСТОРЫ КАК НЕОБХОДИМОСТЬ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТИПОВ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ В СИСТЕМАХ БАЛАНСИРОВКИ МОЩНОСТИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

В современной электронике, стремящейся к росту быстродействия и миниатюризации, резисторы остаются фундаментальными компонентами, от правильного выбора которых зависит стабильность, точность и надёжность всей системы. Они выполняют ключевые функции: ограничение тока, создание падений напряжения, терминирование линий передачи, преобразование тока в напряжение и генерацию тепла. Однако не все типы резисторов одинаково пригодны для работы в высокочастотных и импульсных режимах.

Исторически сложилось три основных типа резисторов. Углеродные композитные, изготовленные из смеси углеродного порошка и диэлектрика, обладают высокой устойчивостью к импульсным перегрузкам, но имеют низкую стабильность, высокий уровень шумов и значительный температурный коэффициент сопротивления. Проволочные резисторы обеспечивают высокую номинальную мощность и исключительную точность, однако их конструкция в виде катушки вносит большую паразитную индуктивность. Плёночные и объёмные резисторы, наносимые на керамическую подложку, дают отличную стабильность и хорошие высокочастотные характеристики, но ограничены по максимальной мощности.

Главный недостаток проволочных резисторов становится критическим при работе на высоких частотах и в импульсных режимах. Из-за паразитной индуктивности такой резистор ведёт себя не как чистое активное сопротивление, а как R-L-цепь. Это приводит к искажению фронтов импульсов, возникновению фазовых сдвигов, резонансным явлениям и общему ухудшению целостности сигнала. В высокоскоростной цифровой электронике это вызывает ложные срабатывания, в силовой электронике — опасные выбросы напряжения, а в измерительной технике — недопустимые погрешности.

Именно поэтому в оборудование, где присутствуют высокая частота, быстрые импульсы и жёсткие требования к точности, необходимы безиндуктивные непроволочные резисторы. Их конструкция — керамическая трубка из пористого оксида алюминия с нанесённым пиролитическим углеродным покрытием — полностью исключает паразитную индуктивность. Такие резисторы незаменимы в согласующих цепях и аттенюаторах ВЧ-трактов, нагрузочных резисторах для тестирования и калибровки, терминирующих резисторах высокоскоростных шин (I^2C, USB), снабберных цепях для защиты силовых ключей (MOSFET, IGBT), токоизмерительных шунтах в системах управления электромобилями и сварочных аппаратах, а также в прецизионных делителях напряжения для измерительной техники.

Особую значимость безиндуктивные трубчатые резисторы приобретают в системах балластных нагрузок для энергогенерирующих установок. В автономных энергосистемах

(газотурбинные установки, объекты нефтегазовой отрасли, атомные электростанции, судовые и космические энергоустановки) мощность генерации сопоставима с мощностью потребителей. Быстрое отключение нагрузки может вызвать критический дисбаланс — резкий избыток или дефицит мощности, способный привести к аварии. Системы балластных нагрузок выступают в роли «виртуальных потребителей», мгновенно поглощая избыточную энергию. И только безиндуктивные резисторы обеспечивают необходимое быстродействие, так как отсутствие индуктивности гарантирует, что нагрузка включится без задержек и искажений. Таким образом, анализ существующих типов резисторов приводит к однозначному выводу: для ответственных высокочастотных и импульсных применений, особенно в системах балансировки мощности, оптимальным и необходимым решением являются трубчатые безиндуктивные непроволочные резисторы.

УДК 621.355.9

НУЯКШЕВА С.В., ПЕТУХОВ Я.И., ЛИПУЖИН И.А.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОТОЧНОГО НАКОПИТЕЛЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Ванадиевые проточные аккумуляторы (ВПА) являются одним из перспективных типов накопителей электроэнергии. ВПА накапливает электрическую энергию в химической форме растворов ванадия, хранящихся в двух отдельных резервуарах, совершая преобразование внутри электрохимических ячеек. В данной работе представлена математическая модель ВПА [1].

Напряжение холостого хода ВПА зависит от температуры и уровня заряда (*SOC*):

$$E_{\text{хх}} = n \cdot \left\{ E_{\text{яч}} + \frac{2RT}{F} \ln \frac{SOC}{1 - SOC} \right\}, \qquad 1)$$

где n – количество ячеек ВПА; R – универсальная газовая постоянная (8,31 Дж/(моль·К)); T – температура окружающей среды (К); F – постоянная Фарадея (9,65 · 104 Кл/моль); $U_{\text{яч}}$= 1,4 В – потенциал одной ячейки при заряде в 50%.

Уровень заряда ВПА:

$$SOC = Q / Q_{\max}, \qquad 2)$$

где Q – текущий заряд; $Q_{\max}$– максимальный заряд.

В момент времени (t+Δt) уровень заряда зависит от состояния в предыдущий момент времени (t) и режима работы ВПА (заряд/разряд):

$$SOC(t + \Delta t) = SOC(t) \pm i \cdot u \cdot \frac{\Delta t}{P_{\text{ном}} \cdot t_{\text{ном}}}, \qquad 3)$$

где i,u – ток и напряжение ВПА в текущий момент времени; Δt– шаг расчета; $P_{\text{ном}}$ – номинальная мощность ВПА; $t_{\text{ном}}$– номинальное время заряда/разряда.

Одним из важных параметров является расход электролита:

$$Q = \frac{i}{N \cdot SOC}; \; N = n_e \cdot c \cdot F, \qquad 4)$$

где N – емкость электролита; n_e– число переданных электронов, участвующих в окислительно-восстановительной реакции; c – концентрация ванадия в электролите (моль/л).

Для оценки эффективности накопления энергии может использоваться КПД:

$$\eta = \frac{\int_0^{t_{\text{р}}} p_{\text{разряд}} dt}{\int_0^{t_{\text{з}}} p_{\text{заряд}} dt} = \frac{\int_0^{t_{\text{р}}} \left(p - p_{\text{н}} - \Delta p_R \right) dt}{\int_0^{t_{\text{з}}} \left(p + p_{\text{н}} + \Delta p_R \right) dt}, \qquad 5)$$

где p– мощность ВПА; $p_н$– мощность, потребляемая насосом; ΔP_R – потери мощности из-за внутреннего сопротивления ВПА; $t_р$ – время разряда; $t_з$ – время заряда.

Для исследования режимов работы ВПА планируется разработать *Simulink* модель ВПА.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-29-01603, https://rscf.ru/project/25-29-01603/

---

1. Bhattacharjee A., Saha H. Design and experimental validation of a generalised electrical equivalent model of Vanadium Redox Flow Battery for interfacing with renewable energy sources // Journal of Energy Storage. 2017. Vol. 13. P. 220-232. DOI: 10.1016/j.est.2017.07.016

УДК 621.31

ПЕТУХОВ Я.И., ЛОСКУТОВ А.А., КРЮКОВ Е.В.

МОДЕЛИРОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ВИРТУАЛЬНОЙ ИНЕРЦИИ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКОЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Стремление к сокращению выбросов углекислого газа и развитию устойчивой энергетики привело к значительному увеличению доли возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в энергосистемах. Объекты распределенной генерации (РГ) на базе ВИЭ интегрируются в системы электроснабжения (СЭС) через сетевые инверторы, что приводит к снижению эквивалентной постоянной инерции энергосистемы. По различным экспертным оценкам, около 20 % генерируемой мощности от объектов РГ инверторного подключения оказывает существенное влияние на динамическую устойчивость СЭС. Одним из перспективных решений этой проблемы является имитация инерционных свойств синхронного генератора в системе управления сетевым инвертором. Среди различных предложенных схем хорошо известна концепция виртуального синхронного генератора (ВСГ), который обеспечивает демпфирование колебаний за счет реализации динамических свойств синхронной машины. Однако ключевой проблемой существующих ВСГ является отсутствие адаптации алгоритма к реальным нагрузкам, которые могут оказывать существенное влияние на функционирование системы управления.

Таким образом, необходима разработка новых способов управления источниками РГ, которые будут адаптированы к реальным нагрузкам в СЭС.

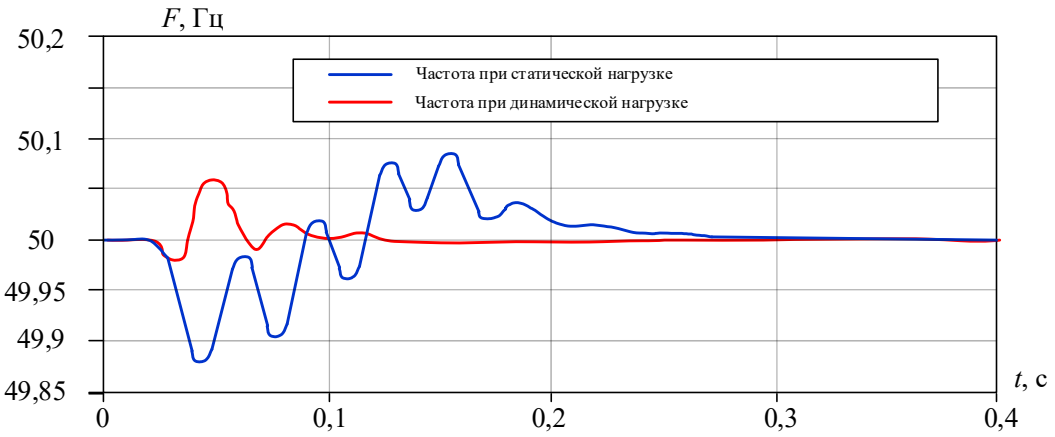


Рис. 1. Временные зависимости частоты сети при различных моделях нагрузки

Адекватное моделирование электрической нагрузки играет критическую роль в СЭС промышленных предприятий, а именно: определение влияния нагрузок на стабильность функционирования алгоритма ВСГ, обеспечивающего демпфирование электромеханических колебаний при различных возмущениях. В рамках исследования необходимо использовать модели динамических нагрузок для точного прогнозирования поведения ВСГ после возмущений. На первом этапе была разработана имитационная модель ВСГ в СЭС. На рис. 1 представлены временные зависимости частоты сети при различных моделях нагрузки.

В результате исследования установлено, что текущие алгоритмы ВСГ не адаптированы под реальные нагрузки в СЭС. В системе управления ВСГ также должна быть реализована гибкая настройка параметров виртуальной инерции для адаптации алгоритма к различному характеру нагрузки и режимам работы СЭС.

Исследование выполнено в рамках государственного задания в сфере научной деятельности (тема №FSWE-2025-0001).

УДК 621.316.925

РОМАНОВ Л.Р., ШАРЫГИН М.В.

ПРИМЕНЕНИЕ ЛИНЕЙНО-ДИСКРИМИНАНТНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ РЗА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Развитие и трансформация существующих электроэнергетических систем (ЭЭС) в перспективные активно-адаптивные приведет к росту доли распределённой генерации, усложнению конфигурации сети и необходимости частых реконфигураций, что значительно увеличит количество возможных режимов работы и их сложность. Это в свою очередь снизит эффективность устройств РЗА, построенных на традиционных детерминированных принципах.

Одним из перспективных направлений развития РЗА являются статистико-вероятностные методы, основанные на анализе режимов ЭЭС, полученных по результатам многочисленных реализаций на имитационных математических моделях. Такой подход удобен для распознавания различных режимов ЭЭС по полученным статистическим выборкам.

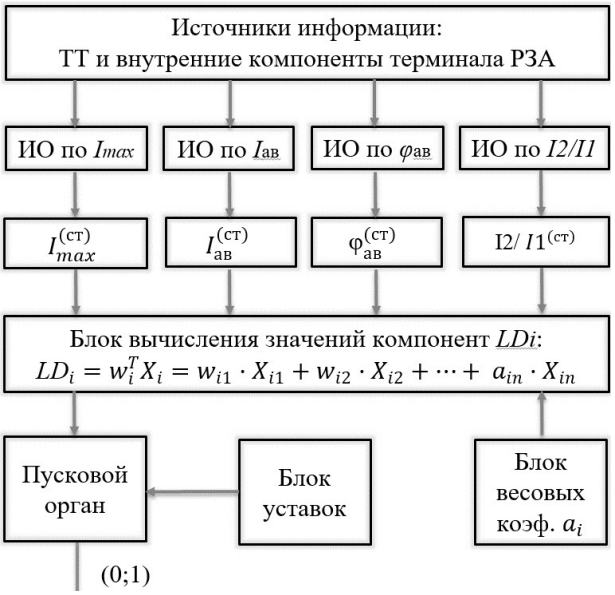


Рис. 1. Схема ПО для алгоритма ЛДА по признакам ($I_{max}, I_{ав}, \varphi_{ав}, I_2/I_1$): $X_i^{(ст)}$ – стандартизированное значение *i*-го признака, LD_i – *i*-я линейная дискриминанта; w_n – весовой вектор для *i*-й дискриминантной оси; X_n - вектор признаков объекта; a_i - весовой коэффициент для *i*-го признака

В качестве метода анализа полученных статистических выборок предлагается использовать линейно-дискриминантный анализ (ЛДА), целью которого является нахождение линейной комбинации признаков, обеспечивающей наилучшее разделение различных анализируемых классов. В задаче РЗА это позволяет объединить информационные параметры режима ЭЭС в единые линейные дискриминанты, тем самым существенно уменьшив размерность уставочной плоскости с минимальными потерями информационности [1]. Кроме того, из всего объема измеряемых параметров при помощи ЛДА выявляются наиболее значимые информационные признаки [2], что при последующем переобучении позволит эффективнее отделить области нормальных и аварийных режимов на уставочной плоскости, тем самым повысив распознаваемость защиты.

Пример структурной схемы реализации пускового органа по методу ЛДА приведен на рис.1.

В докладе приводятся примеры реализации метода ЛДА для различных комбинаций информационных признаков. Производится анализ их влияния на общую распознающую способность защиты.

Библиографический список

1. Лоскутов, А.А. Современные методы формирования логической части цифровой защиты и автоматики систем электроснабжения промышленных потребителей: монография / А.А. Лоскутов, А.Л. Куликов; – Н. Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2025 – 392 с.
2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025686518 Российская Федерация. Анализатор информационных признаков для многопараметрической РЗА :заявл. 03.09.2025 :опубл. 02.10.2025 / Л. Р. Романов, М. В. Шарыгин.

УДК 621.311.1

САЗОНОВ Д.В., ЛОСКУТОВ А.А, БЕДРЕТДИНОВ Р.Ш., КРЮКОВ Е.В.

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Ежегодно в составе систем электроснабжения промышленных предприятий наблюдается рост доли высокотехнологичного оборудования, которое в свою очередь предъявляет высокие требования к качеству электрической энергии [1, 2]. Наличие на промышленных предприятиях потребителей и устройств, постоянно или кратковременно работающих в переходном режиме, обуславливает появление в электрической сети сложных сигналов, которые формируются путем наложения различных искажений качества электрической энергии. Таким образом, происходит наложение гармонических искажений различной природы. При этом возникает вопрос, каким образом на частотном спектре выделить одни гармоники относительно других.

Решение задачи автоматического распознавания одних показателей качества электрической энергии на фоне других предлагается на основе нейросетевого подхода [3]. В качестве среды моделирования и верификации предложенного подхода выбран программный комплекс Matlab(Simulink), в котором встроено приложение Neural Network Pattern Recognition (nprtool).

Разработана модель системы автоматического распознавания и классификации показателей качества электрической энергии с помощью искусственных нейронных сетей (ИНС). В работе рассмотрен вариант использования ИНС для адаптации характеристик фильтра одно-

го сигнала относительно другого. Качество обучения контролируется методом вычисления среднеквадратичной ошибки на выходе нейронной сети и матрицами ошибок, в которых отображается количество правильных и неправильных классификаций распознаваемых сигналов.

ИНС продемонстрировала высокую точность классификации и идентификации сигналов при переходных процессах в электрической сети. Предложенный подход позволяет заблаговременно спрогнозировать негативные последствия и минимизировать ущерб промышленных предприятий вследствие нарушения требований к качеству электрической энергии. В перспективе это позволит перейти от системы мониторинга и визуализации ПКЭ к автоматизированной системе распознавания ПКЭ и их отклонений с последующим быстрым реагированием с целью предотвращения брака продукции.

Исследование выполнено в рамках государственного задания в сфере научной деятельности (тема №FSWE-2025-0001).

Библиографический список

1. Вагин Г.Я. Системы электроснабжения: учебник для вузов / Г.Я. Вагин, А.Л. Куликов, А.Б. Лоскутов, Е.Н. Соснина // НГТУ. – Нижний Новгород. 2019. – 462 с.
2. Коверникова Л.И. Качество электрической энергии: современное состояние, проблемы и предложения по их решению / Л.И. Коверникова, В.В. Суднова, Р.Г. Шамонов и др.; отв. ред. Н.И. Воропай. – Новосибирск: Наука. 2017. 219 с.
3. Dos Santos S.T.C.A., UbaldoGuazzelli P.R., Ribeiro B.C., De Almeida Monteiro J.R.B., "Inter-Harmonics Identification in Frequency Spectra by the Application of Artificial Neural Networks," 2023 15th IEEE International Conference on Industry Applications (INDUSCON), São Bernardo do Campo, Brazil, 2023, pp. 878-883.

УДК 621.316.11

САКУЛО Д.А., ГУСЕВ Д.А.

УПРАВЛЕНИЕ ПОТОКАМИ МОЩНОСТИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ С ВИЭ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Интеграция ВИЭ усложняет режимы работы сетей, приводит к увеличению неопределённости выработки и появлению двунаправленных потоков мощности. Для решения этой проблемы предлагается построение электрической сети по принципу Интернета энергии (ИЭ), который ориентирован на интеллектуальное управление генерацией, хранением и потреблением электроэнергии с интеграцией распределённых энергетических ресурсов. Для этого используются устройства активно-адаптивного управления потоками мощности в сети с многосторонним питанием [2]. В качестве такого устройства предлагается тиристорный регулятор напряжения (ТРН) [3], обеспечивающий регулирование напряжения и перераспределение потоков мощности в сети. Цель исследования – разработка алгоритмов управления потоками мощности с помощью ТРН в распределительной электрической сети с многосторонним питанием.

Разработана математическая модель распределения перетоков мощности в электрической сети, учитывающая узлы генерации, нагрузок, ТРН и линии электропередачи. Аналитические выражения модели позволяют определить амплитуду и фазовый угол напряжения в узлах с учетом импедансов ветвей, ступеней регулирования ТРН, мощности нагрузок и источников. После этого определяются активная и реактивная мощности в каждом узле:

$$P_i = U_i \sum_{j=1}^{N} (G_{ij} U_j \cos(\theta_{ij}) + B_{ij} U_j \sin(\theta_{ij}));$$ (1)

$$Q_i = U_i \sum_{j=1}^{N} (G_{ij} U_j \cos(\theta_{ij}) - B_{ij} U_j \sin(\theta_{ij})), \quad (2)$$

где P_i (Q_i) – активная (реактивная) мощность в *i-м* узле , МВт (Мвар); U_i и U_j – модули напряжений в *i*-м и *j*-м узлах, кВ; G_{ij} и B_{ij} – действительная и мнимая части проводимости ветви между *i*-м и *j*-м узлами, См; $\theta_{ij}=\theta_i-\theta_j$ – разность фазовых углов векторов напряжений между *i-м* и *j-м* узлами, рад; N – общее число узлов в сети.

Разработан алгоритм управления потокораспределением ТРН, направленный на снижение электрических потерь при ее передаче [4]. Для решения системы нелинейных уравнений потоков мощности применяется метод Ньютона. На базе данного математического аппарата возможно решение задач оптимизации с учётом экономических критериев путём введения дополнительных уравнений и переменных.

Библиографический список

1. Предварительная оценка «АМЭ» «Обзор рынка распределенной генерации России в 2025 году» [Электронный ресурс]. URL: https://energo-union.com/storage/articles/files/2026/01/ame_obzor_ryinka_rg_2025_legk.pdf (дата обращения 17.02.2026).
2. **Kolivandi M., Farahani M. K., Ghahnavieh A. R.** Probabilistic Energy Routing Algorithm Enabling Reliability Assessment in Local Energy Internet // 9th International Conference on Technology and Energy Management, May 2024. – P. 1-6.
3. **Соснина Е.Н., Кралин А.А., Бедретдинов Р.Ш., Крюков Е.В., Гусев Д.А.** Управление потоками мощности в замкнутой электрической сети среднего напряжения // Вестник Московского энергетического института. – 2025. – № 6. – С. 38-49.
4. **Hebal S., Mechta D., Harous S., Dhriyyef M.** Hybrid Energy Routing Approach for Energy Internet // Energies. – 2021. – № 14(9). – P. 1-34.

УДК 621.3

СЕРЕДЕНИН И.А., ПЛЕХОВ А.С.

РАЗРАБОТКА МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ДЕМПФЕРА ДЛЯ ВИБРОЗАЩИТЫ ПРОВОДОВ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева.

Высоковольтные линии электропередачи (ЛЭП) подвержены интенсивным ветровым вибрациям, которые являются одной из основных причин усталостного разрушения проводов и аварийных отключений потребителей [1]. Традиционно применяемые гасители вибрации типа Стокбриджа представляют собой механические резонансные устройства, состоящие из стального троса и двух грузов. Несмотря на широкое распространение, данные устройства имеют ряд критических недостатков: механический износ шарнирных соединений, истирание жил стального троса, потеря эффективности при отклонении частоты колебаний от резонансной настройки. Целесообразно обеспечить повышение эксплуатационной надежности и продления срока службы проводов воздушных ЛЭП, особенно в регионах с экстремальными климатическими нагрузками [2].

В докладе рассматривается технологический процесс возникновения ветровых вибраций и «пляски» проводов, описываются условия формирования стоячих волн в пролетах ЛЭП. Проанализированы состав, функции и характеристики существующего электрооборудования и механических устройств защиты от вибрации. Критический обзор выявил, что элементы крепления классических демпферов подвержены коррозионному и фреттинг-износу, что приводит к ослаблению зажимов и падению демпферов на землю. Сделан вывод

о необходимости замены механической диссипативной системы на бесконтактное магнитоэлектрическое устройство.

Предложена концепция применения магнитоэлектрического демпфера, конструктивно выполненного в герметичном цилиндрическом корпусе. Устройство содержит генератор на основе постоянных неодимовых магнитов (NdFeB), расположенных на подвижном штоке, и неподвижную статорную обмотку. При воздействии ветровой нагрузки на провод происходит перемещение штока относительно статора. В обмотке наводится ЭДС, величина которой пропорциональна скорости перемещения. Возникающий в замкнутой цепи электрический ток создает силу Ампера, направленную встречно движению штока, что обеспечивает эффективное демпфирование механических колебаний.

Особенностью предложенной системы является возможность использования генерируемой электрической энергии для питания автономных датчиков мониторинга состояния линии (гололедно-ветровой нагрузки и температуры провода). Внедрение магнитоэлектрического демпфера позволит исключить резонансные явления, продлить ресурс подвесной арматуры и повысить надежность передачи электроэнергии в сложных метеоусловиях

Библиографический список

1. Виноградов, А. А. Влияние климатических нагрузок на механическую прочность проводов воздушных линий электропередачи / А. А. Виноградов, А. В. Матвеев // Электричество. – 2021. – № 3. – С. 45–52. - Текст : непосредственный.
2. Каганов, З. Г. Гашение вибраций проводов воздушных линий электропередачи: современное состояние и перспективы / З. Г. Каганов // Энергетик. – 2023. – № 7. – С. 21–27. - Текст : непосредственный.

УДК 621.31

ТЕНИШЕВ К.Н., АЛЕКСАНДРОВА Е.Н., ЦЕЛИЩЕВ И.Н.

РАЗРАБОТКА ИНДУКЦИОННОЙ УСТАНОВКИ БЕСТИГЕЛЬНОГО НАГРЕВА ДЛЯ ЛЕВИТАЦИОННОЙ ПЛАВКИ МЕТАЛЛОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Традиционные методы тигельной плавки ограничиваются неизбежным загрязнением расплава материалом тигля, что приводит к искажению состава сплава, его физико-химических характеристик и затрудняет исследование истинной природы жидкой фазы.

Для преодоления этих ограничений используются методы бестигельной индукционной плавки, в частности, левитационная плавка. В этом процессе расплавляемый образец поддерживается в подвешенном состоянии с помощью электромагнитных сил переменного поля, что исключает контакт с материалом тигля и позволяет получить более чистые материалы [1].

Установка индукционного нагрева преобразует электрическую энергию в тепловую за счёт вихревых токов, индуцированных в проводящей заготовке. Левитация в бестигельных установках достигается благодаря силам Ампера, отталкивающим заготовку от индуктора, переменный ток в котором протекает в противофазе по отношению к вихревым токам заготовки.

Основные задачи проектирования индуктора включают выбор и расчет силовой части преобразователя частоты, разработку системы управления, а также проведение испытаний установки на физической и имитационной модели.

В качестве инвертора была выбрана схема полу-мостового инвертора с конденсаторами, в которую добавлены резисторы в цепи затворов с целью подавления высокочастотного

звона и ограничения тока заряда перехода сток-затвор у транзисторов; снабберы для обеспечения стабильной работы на индуктивную нагрузку и обратные диоды [1-4].

Установка состоит из следующих модулей:

- блок выпрямителя;
- блок инвертора с радиаторами и обдувом;
- блок управления с драйверами и трансформатором;
- колебательный контур с индуктором и конденсаторной батареей;
- система водяного охлаждения индуктора.

Для корректного подбора снабберных цепей (RC – цепочки, улучшающие форму напряжения и защищающие полупроводниковые приборы от нежелательных скачков) в цепи инвертора, было проведено моделирование работы инвертора на активно-индуктивную нагрузку с параметрами, равными заранее экспериментально измеренным параметрам силового трансформатора тока.

Разработанные имитационные модели позволяют исследовать электромагнитные процессы устройства, определить токовые перегрузки силовых ключей и выбрать оптимальные режимы работы.

Библиографический список

1. Глебовский В.Г. Плавка металлов и сплавов во взвешенном состоянии / В.Г. Глебовский, В.Т. Бурцев. – Москва: «Металлургия», 1974. – 113 с.
2. Немков В.С. Теория и расчет устройств индукционного нагрева / В.С. Немков, В.Б. Демидович. – Ленинград: «Энергоатомиздат», 1988. – 27 с
3. Гребенюк В.Ф. Выбор конфигурации и расчет индуктора для высокочастотного нагрева. Методические указания к курсовому и дипломному проектированию [Текст] / В.Ф. Гребенюк, В.И. Хомутов, Е.В. Калмыков. – Оренбург: «Оренбургский государственный университет», 2002. -6 с.
4. Фаткуллин С.М. Формирование энергоэффективных режимов работы индукционного плавильного агрегата.

УДК 621.311.29+621.352.6

ФИЛИППОВ М.Р., ЛИПУЖИН И.А.

РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ ВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Водородные топливные элементы (ТЭ) являются перспективным источником энергии для транспорта и стационарных энергоустановок. С целью увеличения мощности используются энергоустановки, состоящие из нескольких батарей ТЭ. Эффективность работы системы зависит от правильного выбора структуры установки и системы управления [1].

В работе рассмотрена энергоустановка на основе двух батарей водородных ТЭ, построенная по активной топологии [2]. Каждая батарея ТЭ подключается к шине постоянного тока (ШПТ) через собственный преобразователь постоянного тока (DC/DC). Однофазная нагрузка переменного тока получает питание через инвертор.

Имитационная модель энергоустановки разработана в программном комплексе *MATLAB Simulink* (рис. 1). Одним из ключевых элементов модели являются *DC/DC* преобразователи, установленные на выходе ТЭ. Один из преобразователей (рис. 2) работает в режиме поддержания постоянного напряжения на ШПТ, используя обратную связь по напряжению: вольтметр измеряет напряжение на его выходе и сравнивает с заданным значением (48

В), полученный сигнал рассогласования проходит через ПИ-регулятор и поступает на генератор ШИМ сигнала, который поступает на управляющий вход силового ключа. Второй преобразователь работает в режиме поддержания постоянного тока, для управления используется значение тока, который необходимо потреблять от второго ТЭ при текущей мощности нагрузки.

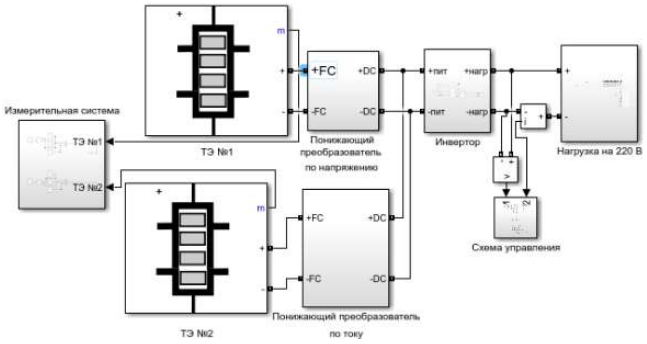


Рис. 1. Модель энергоустановки

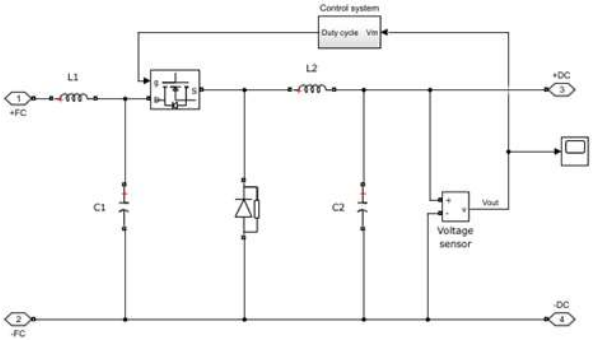


Рис. 2. Модель DC/DC преобразователя для стабилизации напряжения

В ходе мелирования удалось достичь КПД энергоустановки 85 %, а отклонение напряжения на ШПТ составляет менее 2% во всем диапазоне мощности нагрузки (от 0 до 1700 Вт).

В рамках дальнейших исследований планируется добавить в модель контур управления инвертором и дополнительный источник питания в виде накопителя электроэнергии.

Исследование выполнено в рамках государственного задания в сфере научной деятельности (тема №FSWE-2025-0001).

Библиографический список

1.N.P. Bayendang, M.T. Kahn, V. Balyan. Power converters and EMS for fuel cells CCHP applications: A structural and extended review // ASTESJ. – 2024. – Vol. 6. – No. 3. – P. 54-83.
2. И.А. Липужин, М.Р. Филиппов. Анализ топологий стационарных гибридных энергоустановок на основе топливных элементов и аккумуляторов // Будущее технической науки. – Н. Новгород: НГТУ, 2025. – С. 499-500.

УДК 621.315.1

ЧЕРНЕЕВ П. П., КУЛИКОВ А.Л.

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЯ ПО ПАРАМЕТРАМ АВАРИЙНОГО РЕЖИМА НА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Высокая точность определения места повреждения (ОМП) на линиях электропередачи (ЛЭП) позволяет сократить затраты на поиск места повреждения. Наибольшее распространение получили методы, основанные на параметрах аварийного режима (ПАР). Существенное влияние на точность ОМП по ПАР оказывают систематические и случайные факторы [1]. Влияние первой группы, как правило, возможно учесть с помощью измерений и расчетов, или предварительно уточнив параметры сети и линии при настройке устройств ОМП. Вторую группу факторов априорно учесть невозможно, в нее входят параметры, характеризующие повреждение, погрешности измерений, искажения сигналов и др.

Методы одностороннего ОМП по ПАР, в основном, базируются на решении уравнения петли короткого замыкания (КЗ) с некоторыми допущениями о параметрах сети и повреждения. Эти допущения связаны с пренебрежением реактивной составляющей переходного сопротивления в месте повреждения, неоднородностью линий, наличием ответвлений, особенностями эксплуатации конкретной ЛЭП [1]. В условиях реальных энергосистем, где влияние случайных факторов велико, точность устройств ОМП может быть существенно снижена, что приводит к росту затрат на поиск места КЗ и ликвидацию последствий повреждения. Таким образом, обеспечение устойчивости расчетных к влиянию случайных и систематических факторов позволит повысить точность ОМП.

Под устойчивостью подразумевают способность системы сохранять текущее состояние при влиянии внешних воздействий [2]. Применительно к устройствам релейной защиты и автоматики под устойчивостью их функционирования понимают способность устройств выполнять свои функции в реальных условиях при воздействии ряда факторов, ухудшающих их качественные показатели [3]. В отношении методов расчета расстояния до места повреждения под устойчивостью следует понимать возможность компенсировать влияние тех или иных факторов на точность ОМП.

В докладе определены параметры, оказывающие наибольшее влияние на точность ОМП ЛЭП по ПАР. Предложен критериальный подход, основанный на минимизации качественных показателей ОМП: математическое ожидание ошибки, дисперсия, средний риск ошибки и других. Предложен алгоритм расчета расстояния до места повреждения, обеспечивающий устойчивость к влиянию случайных факторов.

Предлагаемый алгоритм основан на имитационном моделировании повреждений ЛЭП и последующей статистической обработке информации. Результаты ОМП на реальной линии и информация, полученная в ходе моделирования, сопоставляются, и вычисляется результирующая оценка расстояния до места повреждения.

Библиографический список

1. Аржанников, Е. А. Определение места короткого замыкания на высоковольтных линиях электропередачи / Е. А. Аржанников, В. Ю. Лукоянов, М. Ш. Мисриханов; под ред. В. А. Шуина. − М.: Энергоатомиздат, 2003. − 272 с.
2. Папков Б. В., Илюшин П. В., Куликов А. Л. Краткий словарь современной электроэнергетики. Нижний Новгород: Научно-издательский центр «XXI век», 2021.
3. Федосеев А. М. Релейная защита электроэнергетических систем. Релейная защита сетей. – М.: Энергоатомиздат, 1984.

УДК 621.315.1

ШИХАЛЕЕВ И.А., ПЛЕХОВ А.С.

ИНДУКЦИОННАЯ УСТАНОВКА УТИЛИЗАЦИИ АЛЮМИНИЕВЫХ ОТХОДОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

В современном мире переработка алюминиевых отходов приобретает особую актуальность в связи с ростом объёмов промышленного производства и увеличением количества вторичного сырья. Алюминий является ценным, а самое главное, исчерпаемым ресурсом, обладающим высокой энергоёмкостью первичного производства, что делает его переработку экономически и экологически целесообразной. Эффективным способом утилизации вторичного алюминия является применение индукционных тигельных печей, обеспечивающих быстрый и равномерный нагрев металла с минимальными потерями.

В докладе рассмотрены принципы действия индукционных тигельных печей, используемых для плавки алюминиевых отходов. Произведён анализ существующих конструкций и режимов работы установок.

Разработана имитационная модель, на основе которой исследованы взаимосвязи электромагнитных процессов в индукторе, распределение температур в расплаве и возможность повышения энергетической эффективности установки.

Предложена конструкция индукционной установки с тигельной печью, предназначенной для переработки алюминиевого сырья различного происхождения. Показан порядок выполнения этапов расчета индуктора и мощности источника питания напряжением промышленной частоты.

Результаты расчётов показали, что использование индукционной тигельной печи в производстве даёт нам существенный прирост коэффициента полезного действия процесса плавки, сокращает время нагрева и обеспечивает высокое качество получаемого расплава по сравнению с «джоулевым» нагревом в электрической печи сопротивления. Таким образом достигается снижение экономических и энергозатрат, уменьшается выброс вредных веществ, по сравнению с иными методами плавки

Предложены устройства, обеспечивающие качество электроэнергии, потребляемой индукционной установкой из промышленной сети и электрическое оборудование для её реализации.

Обсуждаются схемы управления электрооборудованием индукционной установки.

Библиографический список

1. Инновационные технологии переработки окисленных отходов алюминия / Л. В. Трибушевский [и др.]. – Минск : БНТУ, 2023 – 139 с.
2. Маракушин Н.П. Индукционная установка для рафинирования алюминиевых расплавов.: Дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. 05.09.03 / Н.П. Маракушин. –КГТУ. – Красноярск, 2002, 171с.

УДК 621.311.1

ЭРДИЛИ Н.И., БОРОДИН Д.А.

РАЗВИТИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ М.О. ДОЛИВО-ДОБРОВОЛЬСКИМ: ОТ ИДЕИ ДО МИРОВОГО СТАНДАРТА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева
Концерн Русэлпром

Трёхфазная система, созданная М.О. Доливо-Добровольским, остаётся фундаментом мировой электроэнергетики. Однако в историко-технической литературе вклад его предшественников часто либо нивелируется, либо преувеличивается без учёта конкретных технических решений. В работе на основе анализа систем переменного тока 1876–1891 гг. исследуется вклад Доливо-Добровольского в развитие электроэнергетических систем.

П.Н. Яблочков первым создал систему дугового освещения на переменном токе, включавшую трансформатор и генераторы (альтернаторы), улучшенные по его техническому заданию З. Граммом и В. Сименсом [1]. Л. Голар и Дж. Гиббс (1882-1884) впервые применили трансформаторы на практике. К. Циперновский, М. Дери, О. Блати, братья Дж и Э. Гопкинсоны, С. Ферранти, У. Стэнли и другие развили эти идеи, создав передачи на десятки км.

Слабым звеном электроэнергетических систем переменного тока в то время было отсутствие надёжного двигателя. Попытки решить эту проблему предпринимали У. Бейли, М. Депре, Ч.Ш. Бредли, Ф.А. Хазельвандер, Й. Венстром и др. Наибольшую известность по-

лучили работы Г. Феррариса и Н. Теслы. Г. Феррарис (1885) создал физический макет асинхронного двигателя, но ошибочно считал, что его КПД не может превышать 50%. Н. Тесла (1888) запатентовал многофазные системы (двухфазную, трёхфазную и др.) и несколько вариантов исполнения асинхронного двигателя, однако его двигатели имели сосредоточенную обмотку индуктора, сложную конструкцию ротора и были рассчитаны на частоту 133,3 Гц в двухфазных сетях, переделанных из однофазных. Это задержало промышленное внедрение асинхронных двигателей в США на несколько лет и потребовало усилий ведущих электротехников страны: Ч. Ф. Скотта, Б. Ламме и др.

Результаты **(**вклад Доливо-Добровольского**)**

1. В 1888-1891 гг. создал законченную трёхфазную систему, доказав экономию до 25% меди в линии электропередачи [2].
2. Изобрёл ротор с «беличьей клеткой» – простое, надёжное решение, сделавшее асинхронный двигатель массовым.
3. Разработал трёхфазный трансформатор, двигатель с фазным ротором, а с Ч. Брауном — первый промышленный трёхфазный синхронный генератор с распределённой обмоткой
4. Лауфен-Франкфуртская передача (1891) под руководством Доливо-Добровольского (при организационной роли О. фон Миллера) впервые передала 220 кВт на 170 км с КПД 75%, доказав пригодность трёхфазного тока для централизованного энергоснабжения.

Вывод. Доливо-Добровольский не был пионером переменного тока и не первым предложил многофазные системы. Но именно он, опираясь на работы предшественников, создал первую промышленно пригодную комплексную систему генерации, трансформации, передачи и потребления. Его ключевые решения используются без изменений более 130 лет.

Библиографический список

1. Бородин Д.А. История электропередач (1873–1891). Переменный ток. – М.: Знак, 2025. – 284 с.
2. Доливо-Добровольский М.О. Избранные труды (о трёхфазном токе). М.; Л.: Госэнергоиздат, 1948. 215 с.

УДК 621.311.1

ЭРДИЛИ Н.И., ШАЛУХО А.В.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОСЕТИ С УЧЕТОМ ЭКОЛОГИЧНОСТИ ИСТОЧНИКОВ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Одним из важных аспектов проектирования микросетей является интеграция активно развивающихся источников распределенной генерации (РГ), таких как солнечные, ветровые, биогазовые энергоустановки и др. В настоящее время научными коллективами предложены различные подходы к управлению микросетями с источниками РГ. Однако, общая проблема существующих решений заключается в преимущественном учете энергетических и ценовых факторов. При этом для использования потенциала источников РГ также важным является учет экологической составляющей.

Цель исследования заключается в разработке и исследовании с помощью моделирования алгоритмов системы управления микросети, обеспечивающих приоритетность использования энергии более экологичных источников РГ.

Для отработки предложенного подхода к управлению, основанного на оценке рейтинга экологичности источников РГ [1], и исследования влияния использование потенциала более экологичных источников РГ на выработку и потребление электроэнергии в микросети разрабатывается имитационная модель в программном обеспечении Python 3.11. Входные данные для моделирования представлены в табл. 1.

Таблица 1

Входные данные для моделирования системы управления микросети

параметры солнечной генерации	установленная мощность, уровень инсоляции
параметры ветрогенерации	установленная мощность, скорость ветра
параметры накопителя электроэнергии	емкость батареи, мощность заряда/разряда
параметры нагрузки	общая нагрузка (ночь, утро, день, вечер)
рейтинг экологичности, *R*э	для солнечных панелей, для ветроустановок

В процессе моделирования для различных сценариев работы микросети предполагается оценивать вырабатываемую мощность источниками РГ, баланс электроэнергии в микросети, энергетическое взаимодействие с централизованной электрической сетью, долю использования энергии от более экологичных источников.

При управлении микросетью будет применен комплексный подход, сочетающий технические, технологические и организационные меры.

1.Sosnina, E., Shalukho, A., Erdili, N. (2026). Application of Virtual Power Plant Technologies to Improve the Efficiency of the Megapolis Area Power Supply. In: Radionov, A.A., Gasiyarov, V.R. (eds) Advances in Automation VII. RusAutoCon 2025. Lecture Notes in Electrical Engineering, vol 1521. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-032-14742-4_3

Подсекция 2.3

Преобразователи параметров электрической энергии

УДК 621.314

ВИЛКОВ Д.В., ТРОФИМОВ И.М.

РАСШИРЕНИЕ ДИАПАЗОНА РЕГУЛИРОВАНИЯ МИКРОСХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОРРЕКТОРОМ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева

В связи с увеличением использования импульсных преобразователей энергии, в сетях электроснабжения форма потребляемого тока искажается. Такие искажения ведут к снижению коэффициента мощности и увеличению электрических потерь в линиях электропередач. Для решения данной проблемы в источники питания внедряют корректоры коэффициента мощности (ККМ) [1,2].

В типовых ККМ, используются специализированные микросхемы ШИМ-контроллера. Одной из таких микросхем является микросхема *L*6562. Все типовые микросхемы управления силовыми ключами корректоров коэффициента мощности имеют ряд недостатков: неполнота зоны регулирования от 10% до 90% потребляемой мощности; шаг регулирования имеет малую дискретность (около 60 шагов от минимального до максимального значений), что накладывает ограничения по диапазону рабочей мощности корректора коэффициента мощности; время паузы между импульсами управления не может превышать 150 мкс (неспособность выдерживать паузы большей величины ведет к уменьшению диапазона регулирования).

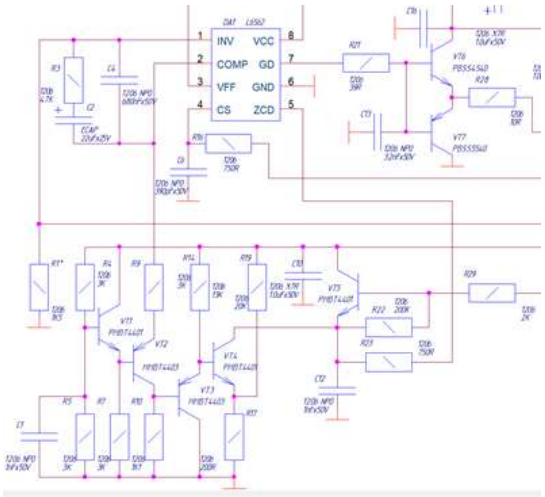


Рис. 1. Принципиальная схема внешней обвязки микросхемы *L6562*

Данные недостатки микросхемы *L*6562 можно обойти при использовании ряда решений. На рис. 1 представлена принципиальная схема внешней обвязки микросхемы *L*6562. Транзисторы *VT*1,*VT*2, *VT*3, *VT*4 и *VT*5 вместе с конденсатором *C*12 образуют схему удержания заряда конденсатора до момента, пока ток дросселя силовой части корректора не достигнет нулевого значения. Напряжение на конденсаторе подается на вывод 5 микросхемы, который отвечает за сброс импульсов управления. Решение позволяет удерживать напряжение на конденсаторе необходимое количество времени, не позволяя микросхеме сбрасывать паузу между импульсами управления.

Такое использование микросхемы *L*6562 позволяет расширить ее возможности, увеличить плавность регулирования, повысить коэффициент мощности преобразователей до максимума (ограничение связано только топологией преобразователя), увеличить диапазон рабочих мощностей от сотен ватт до нескольких тысяч ватт.

Исследование выполнено в рамках государственного задания в сфере научной деятельности (тема №FSWE-2025-0002).

Библиографический список

1.Карасев А.В., Смирнов В.М. Некоторые особенности управления трехфазным выпрямителем с коррекцией коэффициента мощности. [Научная статья], 2009. – 10с.
2.Милослов А.В., Позднов М.В. Моделирование одноключевого трехфазного выпрямителя с активной коррекцией коэффициента мощности. // Студенческие дни науки ТГУ, 3 – 29 апреля 2019г. Сборник трудов. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2019. (в печати).

УДК 621.3.072.1

КАШНИКОВ Ю.С.,УЛЬЯНОВ Д.А., СМИРНОВ А.Ю., СМИРНОВ Н.А.

СТАБИЛИЗАЦИЯ ФОРМЫ И СРЕДНЕГО ЗНАЧЕНИЯ ВЫХОДНОГО ТОКА ТРЁХУРОВНЕВОГО НЕРЕВЕРСИВНОГО УСИЛИТЕЛЯ МОЩНОСТИ ЗА СЧЁТ ИМПУЛЬСНОЙ МОДУЛЯЦИИ

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева

Рассматривается схемотехника трёхуровневого нереверсивного усилителя мощности [1]. Электрической нагрузкой усилителя мощности выступают обмотки шагового двигателя [2]. В пределах одной фазы усилителя мощности имеются два транзистора. Один транзистор, отвечающий за формирование уровня напряжения U_1, управляется импульсами от системы управления. Данные импульсы могут модулироваться как по частоте (время открытого состояния первого ключа t_1 = const, период модуляции T = var), так и по ширине (t_1 = var, T = const) с целью придания выходному току требуемой формы. Второй транзистор, формирующий повышенный уровень напряжения $U_1 + \Delta U$, также управляется импульсами от системы управления. Однако его импульсы модулируются с целью поддержания заданного среднего значения выходного тока и могут модулироваться как по частоте (время открытого состояния второго ключа t'_1 = const, период модуляции T' = var), так и по ширине (t'_1 = var, T' = const). Поясняющие временные диаграммы выходного напряжения усилителя мощности приведены на рис.1.

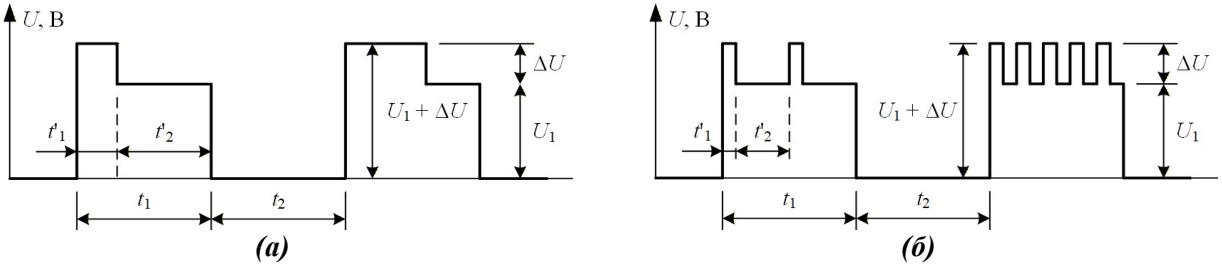


Рис.1. Временные диаграммы выходного напряжения усилителя мощности: (*а*) – импульсы управления 2-ого транзистора модулируются по ширине (ШИМ), (*б*) – импульсы управления 2-ого транзистора модулируются по частоте (ЧИМ)

В случае применения ШИМ для управления вторым транзистором можно отметить следующее ограничение: $t'_1 \leq t_1$. В случае применения ЧИМ для управления вторым транзистором присутствует следующее ограничение: $T' \leq t_1$.

Таким образом, процессы стабилизации формы выходного тока и стабилизации среднего значения выходного тока происходят независимо и не оказывают влияния друг на друга. Такой способ регулирования выходного тока может быть применён для управления шаговым двигателем, так как форма потребляемого тока оказывает значительное влияние на параметры движения привода, а среднее значение тока – на средний электромагнитный момент.

Библиографический список

1. Ульянов Д.А. Четырёхфазный трёхуровневый однополярный инвертор напряжения для управления шаговым двигателем / Д.А. Ульянов, А.Ю, Смирнов // сборник материалов XXIV Всероссийской молодежной научно-техн. конф. «Будущее технической науки». – 2025 г. – с. 149 – 150.
2. Ивоботенко Б.А. Дискретный электропривод с шаговыми двигателями / Б.А. Ивоботенко, В.П. Рубцов, Л. А Садовский и др.; под общ. ред. М.Г. Чиликина. – М.: «Энергия», 1971 г. – 624 с.

УДК621.365.5

КУРИЦЫН М.Ю., ТРОФИМОВ И.М.

РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА ГАЗОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Индукционный нагрев является высокоэффективным бесконтактным методом передачи энергии, перспективным для применения в современных технологических установках, включая системы с высокой плотностью энергии. Для обоснования проектных решений и оптимизации параметров таких систем требуется проведение натурных экспериментов, что обуславливает необходимость создания специализированных испытательных комплексов. Целью настоящей работы является описание разработанного экспериментального стенда, оценка его технических характеристик и демонстрация возможностей по исследованию процесса индукционного нагрева газовых потоков.

Разработанный комплекс предназначен для моделирования и исследования индукционного нагрева потока газов (рис.1). Он обеспечивает работу в диапазоне частот питающего напряжения от 7 до 25 кГц при потребляемой электрической мощности до 31 кВт. Система измерений комплекса построена на базе микроконтроллера STM32. В режиме реального времени контролируется температура газа на входе и выходе из исследуемого участка, температуру нагреваемого объекта, ток и напряжение на индукторе, а также расход газа и охлаждающей жидкости.

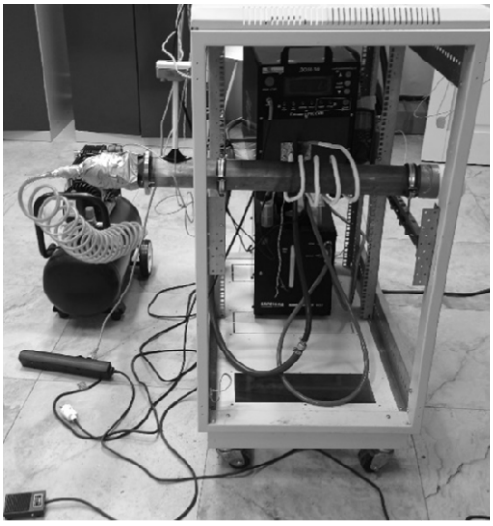


Рис. 1. Комплекс для моделирования и исследования индукционного нагрева потока газов

С использованием стенда проведена серия экспериментов по нагреву воздушного потока, протекающего внутри стальной трубы. Основное внимание уделялось влиянию геометрических параметров индуктора на динамику нагрева. В ходе испытаний сравнивались одно-, трёх- и четырёхвитковые катушки. Экспериментально установлено, что применение трёх- и четырёхвитковых индукторов позволяет достичь целевой температуры газа (150 °C) менее чем за 300 секунд, при этом температура стенки трубы не превышает 400 °C. Это свидетельствует о более эффективном распределении электромагнитного поля и снижении локальных перегревов по сравнению с одновитковой конфигурацией.

Представленный стенд позволяет исследовать эффективность применения метода индукционного нагрева для нагрева потока газов в сложных технологических системах, устанавливать зависимости температуры нагрева от формы и параметров индуктора, расположения индукторов по длине нагреваемого объекта, через который проходит поток газа, частоты питающего напряжения, скорости потока газа.

Исследование выполнено в рамках государственного задания в сфере научной деятельности (тема №FSWE-2025-0002).

Библиографический список

1. Манин, А. В. Электротехнологические процессы и установки: учебное пособие / А. В. Манин. – Рыбинск: РГТА имени П.А. Соловьева, 2010. – 188 с.
2. Слухоцкий, А. Е. Установки индукционного нагрева / А. Е. Слухоцкий, В. С. Ненков, Н. А. Павлов, А. В. Бамунер. – Л.: Энергоиздат. Ленинградское издание, 1981. – 328 с.
3. Торосян, А.Т. Индукционный обогрев газопровода / А. Т. Торосян // Вестник магистратуры. – 2019. – № 88. – С. 33-36.

УДК 621.314.1

ЛУКАНОВ О.В., ЧЕРНЫШОВ Д.А. МУРАШОВ А.Д.

СТАБИЛИЗАТОР НА ОСНОВЕ ТРЕХУРОВНЕВОЙ ДИСКРЕТНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ С ПРОГРАММНЫМ ЗАДАНИЕМ ВЫХОДНОГО ТОКА

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

В статье приведены результаты разработки системы управления стабилизатором тока, расширяющей функционал микросхемы импульсного понижающего преобразователя постоянного напряжения*XL*4016*E*1 [1].

Необходимый уровень тока нагрузки устанавливается с помощью опорного напряжения, формируемого программно на контроллере *ATmega*328*P*. В системе управления происходит сравнение измеряемого напряжения токового шунта и опорного напряжения контроллера с использованием операционных усилителей *LM*358*AP*.

С помощью обратной связи по току системой управления формируются три дискретных уровня управляющего напряжения, приложенного на вывод обратной связи микросхемы (*FeedBack*). Уровни напряжения отражают недостаточный (*U_out*=1,1 В), достаточный (*U_out*=1,25 В) и избыточный (*U_out*=1,4 В) ток нагрузки соответственно. В зависимости от величины *U_out*, происходит автоматическая корректировка ширины импульса.

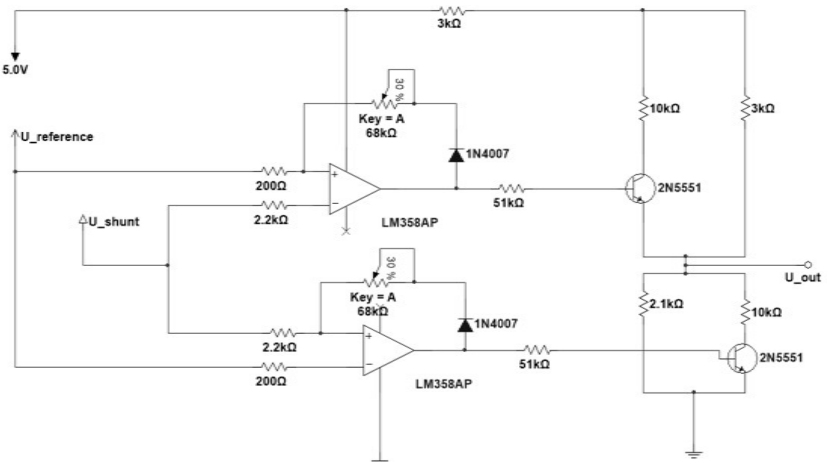


Рис. 1. Имитационная модель системы управления стабилизатором тока

Использование аналоговых микросхем в цепи системы управления позволяет обеспечить наибольшее быстродействие, надежность и точность во всем диапазоне рабочих токов по сравнению с цифровыми системами управления.

Включение операционных усилителей по схеме триггера Шмитта [2] позволяет формировать в цепи системы управления гистерезис с корректируемой шириной, что позволяет повысить совместимость с различными серийно выпускаемыми устройствами.

Разработанная система управления позволяет стабилизировать ток в диапазоне от 50 мА до 1А при использовании серийно выпускаемого понижающего преобразователя постоянного напряжения.

Исследование выполнено в рамках Государственного задания на оказание государственных услуг (тема №FSWE-2025-0002).

Библиографический список

1. *XL*4016*E*1*: Buck DC to DC Converter*[Электронный ресурс]*: Datasheet - URL: https://static.chipdip.ru/lib/173/DOC*013173704*.pdf*

2. Хоровиц П. Искусство схемотехники / Хоровиц П., Хилл У.: в 3 т. Т. 1; перевод с английского М. В. Гальперина. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва : Мир, 1993. - С. 245 - 248

УДК 621.316.8

МАРКЕЕВА Т.М.

СИСТЕМА БАЛАНСИРОВКИ МОЩНОСТИ НА БАЗЕ ТРУБЧАТЫХ БЕЗИНДУКТИВНЫХ РЕЗИСТОРОВ: РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ

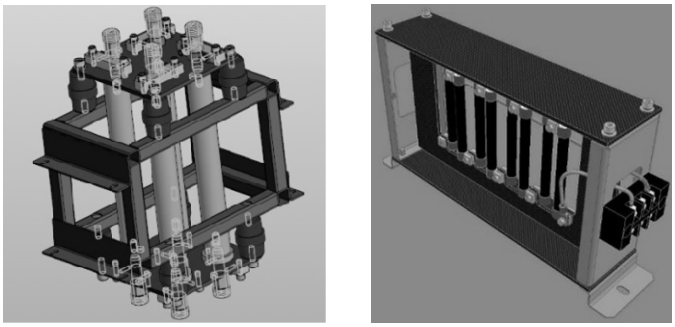
Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Безиндуктивные непроволочные резисторы представляют собой керамические трубки с нанесённым пиролитическим углеродным покрытием. В отличие от проволочных аналогов, они не имеют паразитной индуктивности, что делает их незаменимыми в высокочастотной технике, силовой электронике, измерительных устройствах и системах терминирования цифровых линий. Однако самое ответственное применение таких резисторов – системы балластных нагрузок для энергогенерирующих установок, где требуется мгновенное поглощение избыточной мощности при отключении потребителей.

Работа посвящена разработке конкретного инженерного решения – блока балластных нагрузок для наземной отработки электрогенератора ядерной энергетической установки. Традиционные проволочные и чугунные резисторы, ранее использовавшиеся в таких системах, обладают рядом серьёзных недостатков: они громоздки, имеют высокую паразитную индуктивность, искажают измерения и не обеспечивают необходимого быстродействия. Поэтому в разрабатываемой системе было принято решение применить именно безиндуктивные непроволочные трубчатые резисторы.

Проведён анализ технических требований к системе балансировки мощности. Установка, для которой создавался блок, работает в условиях, где мощность генерации сопоставима с мощностью потребителей, а изменение нагрузки происходит скачкообразно. Это означает, что система должна обладать практически мгновенным быстродействием и полным отсутствием индукционных явлений. Были рассмотрены различные типы резистивных элементов, и именно безиндуктивные непроволочные резисторы показали наилучшее соответствие критериям: отсутствие индуктивности, высокая удельная мощность рассеяния, стабильность характеристик в широком диапазоне температур и частот.

Разработана конструкция блока балластных нагрузок, включающая секции резистивных элементов (мощные и маломощные секции) (рис.1), систему воздушного охлаждения и схему коммутации. Предложены решения по компоновке резистивных модулей, обеспечивающие равномерное распределение тепловой нагрузки и эффективное охлаждение. Кроме того, определены режимы работы системы и рассчитаны параметры для различных сценариев отключения нагрузки.



а **б**

Рис.1. Секция резистивных элементов: а – мощная секция; б – маломощная секция

В результате создано проектное решение, которое позволяет утилизировать избыточную электрическую мощность без индукционных искажений, с быстродействием, достаточным для предотвращения аварийных ситуаций. Система может быть использована для испытаний электрогенераторов газотурбинных установок, объектов нефтегазовой отрасли, атомных электростанций, а также судовых и космических энергоустановок замкнутого цикла. Таким образом, представленная работа демонстрирует не только понимание областей применения безиндуктивных резисторов, но и конкретный инженерный результат – разработку действующей системы балансировки мощности, где эти резисторы выступают ключевым элементом.

УДК 621.314

МОКЕЕВ И.А., ШВЫРКАЕВ И.С., ПЛЮЩЁВ А.О., ГОРШКОВА О.А., СМИРНОВ И.А., МУРАШОВ А.Д.

СИНТЕЗ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТРЕХФАЗНОГО ИНВЕРТОРА НАПРЯЖЕНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Современные энергетические системы активно развиваются в сторону повышения эффективности, компактности и управляемости. Одним из перспективных решений является использование твердотельных трансформаторов (ТСТ), главное преимущество которых связано с уменьшением использования меди и электротехнической стали. Кроме того, в отличие от традиционных электромагнитных аналогов, ТСТ обеспечивают высокое быстродействие и интеллектуальное управление [1, 2].

Для лучшего понимания процессов, происходящих в этих устройствах, был построен стенд для проведения лабораторных работ. В статье рассматривается выходная часть ТСТ – трехфазный инвертор напряжения и синтез его системы управления (рис. 1).

Лабораторный стенд построен на основе опытного образца ТСТ, на котором можно отследить поведение схемы в реальном времени при изменении внешних параметров (таких как подводимое напряжение, сопротивление нагрузки). Для обеспечения наглядности, за счет визуального наблюдения работы выходного фильтра по сглаживанию пульсаций, система управления (СУ) формирует на входах драйверов *IGBT*-ключей многократную неравномерную однополярную ШИМ. СУ изготовлена на основе интегральных схем (ИС) с целью упрощения понимания процесса формирования управляющих импульсов.

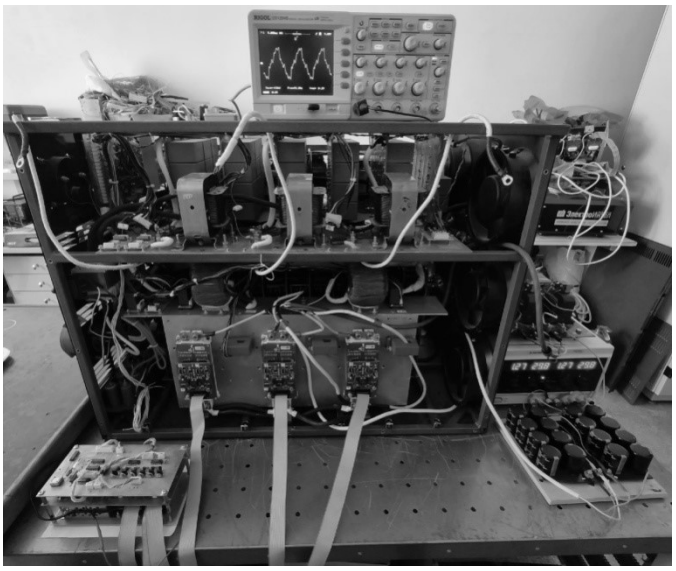


Рис. 1. Лабораторный стенд на базе ТСТ

На рис. 1 приведен промежуточный этап отладки лабораторного стенда. Показания на осциллографе соответствуют параметрам: емкости $C_ф = 40$ мкФ, и индуктивности $L_ф = 10$ мГн фильтра; входному напряжению $U_п = ±30$ В при сопротивлении нагрузки $R_н = 9.4$ Ом.

Внедрение стенда в учебный процесс позволит студентам получить опыт работы с современными и перспективными устройствами преобразования энергии.

Исследование выполнено в рамках государственного задания в сфере научной деятельности (тема №FSWE-2025-0002).

Библиографический список

1. Моин В.С. Стабилизованные транзисторные преобразователи / В.С. Моин. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 376 с.: ил.
2. Разработка и исследование твердотельного трансформатора низкого напряжения / А. И. Чивенков, Е. Н. Соснина, И. А. Липужин [и др.] // Электротехника. – 2024. – № 10. – С. 41- 48. – DOI 10.53891/00135860-2024-10-41-848.

УДК 621.314

МОКЕЕВА О.О., ТРОФИМОВ И.М.

К ВОПРОСУ О СПОСОБАХ УПРАВЛЕНИЯ ВЫПРЯМИТЕЛЕМ ВИЕННА

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева

Рост числа нелинейных нагрузок в энергосистемах приводит к искажению формы тока, снижению коэффициента мощности и увеличению потерь в линиях электропередачи. Решением является применение активных корректоров коэффициента мощности (ККМ), минимизирующих гармонические искажения и обеспечивающих коэффициент мощности, близкий к единице [1, 2].

Целью исследования стала разработка и моделирование в MATLAB Simulink модели активного выпрямителя Виенна с четырьмя системами управления силовым ключом: на основе режима непрерывного тока, на основе режима прерывистого тока, на основе режима граничного управления и методом управления по «токовому коридору» [3]. Результаты моделирования выпрямителя с различными способами управления приведены в табл. 1.

Моделирование работы систем управления производилось при различных уровнях однофазного сетевого напряжение (пониженного и повышенного), а также в режимах холостого хода и номинальной нагрузки. Выходное напряжение при этом стабилизировалось на заданном уровне 800 В. Системы управления граничного и прерывистого тока требуют дополнительных входных фильтров для уменьшения гармонических искажений. При методах

непрерывного тока и управления по «токовому коридору» коэффициент мощности практически равен 1.

Таблица 1
Результаты моделирования

Способ управления	THD, %	Коэффициент мощности, km	$U_н$, В	$I_н$, А	$I_{др\ ср}$, А
Метод непрерывного тока	5,4	0,997	800	6,15	23,9
Метод прерывистого тока	97	0,72	800,1	6,15	32,45
Метод «граничного» управления	57,4	0,89	800	6,15	29,7
Метод управления по «токовому коридору»	4,94	0,998	800,6	6,16	23,6

Исследование выполнено в рамках государственного задания в сфере научной деятельности (тема №FSWE-2025-0002).

Библиографический список

1.**Зиновьев Г.С.** Основы силовой электроники: Учебник. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 1999. Ч.1. - 199 с.

2. **Чаплыгин Е.Е.**,НгуенХоанг Ан.Виенна-выпрямитель — трехфазный корректор коэффициента мощности // Практическая силовая электроника. 2006. Вып. 1.

3. **Чаплыгин Е. Е.**, НгуенХоанг Ан. Способы управления Виенна-выпрямителем // Практическая силовая электроника. 2006. Вып. 1.

УДК 621.314

ПОДОСОКОРСКИЙ М.А., КОРОБЕЙНИКОВА Е.В., ТИХОНОВ А.П.,
ШАЛИН Д.Д., ВАНЯЕВ В.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫПРЯМИТЕЛЯ ВИЕННА С НИЗКОЧАСТОТНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Во входных каскадах мощных источников вторичного питания, системах частотно-регулируемых приводов переменного тока широкое применение находят трёхфазные мостовые выпрямители.

При существующей в настоящее время тенденции к увеличению мощности устройств, подключаемых к трёхфазной сети переменного тока, ужесточаются требования к качеству потребляемой ими электроэнергии, в частности, к коэффициенту потребляемой мощности и уровню высших гармоник тока. Этим требованиям в значительной мере удовлетворяет выпрямитель Виенна с однонаправленным потоком мощности, предложенный в 1993 году специалистами Венского технического университета.

В данном докладе рассматривается работа этого устройства в режиме низкочастотной коммутации силовых ключей.

Целью работы является аналитическое описание электромагнитных процессов данного варианта выпрямителя, а также создание его имитационной модели для выявления особенностей его основных характеристик.

В результате выполненных исследований получены аналитические выражения, описывающие электромагнитные процессы в данном устройстве на интервалах непрерывности. Построена имитационная модель в программной среде *Matlab Simulink*, позволяющая исследовать в нем как установившиеся, так и переходные режимы в условиях низкочастотного управления ключами.

Полученные результаты позволяют рассчитывать суммарный коэффициент гармонических составляющих (СКГС) при различных сочетаниях параметров силовых цепей выпрямителя Виенна и нагрузки. Это в свою очередь дает возможность рационального выбора параметров элементов силовой схемы при заданных требованиях к качеству потребляемой электроэнергии.

---

1. Мелешин В.И. Управление транзисторными преобразователями электроэнергии: учебная литература/ Мелешин В.И., Овчинников Д.А. – Техносфера – Москва, 2011. – 576 с.

УДК 621.314

ПОСАЦКОВ К.С., МАРКИТАНТОВА Т.Г., ТРОФИМОВ И.М.

ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ ДЛЯ КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ МЕТАЛЛОКОСТРУКЦИЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева

Защита металлоконструкций от биохимической коррозии сейчас является актуальным вопросом в промышленных отраслях, в частности в судостроении. В этом докладе рассмотрен способ обеспечения катодной защиты металлоконструкций.

Биохимическая коррозия – это разрушение металла под действием микроорганизмов, результатом их жизнедеятельности на поверхности металла (например, бактерии, использующие поверхность металла в качестве питающей среды, или выделение бактериями газов и кислот). Катодная защита представляет из себя защищаемую металлическую конструкцию и металлический анод, находящиеся в одной среде. Металлическая конструкция подключена к отрицательному полюсу внешнего источника тока, а анод – к положительному [1]. Так как на конструкцию подаётся отрицательный потенциал, то на нём возможна только реакция восстановления, процесс принятия электронов, в то время как на разрушающемся аноде проходит реакция окисления, процесс отдачи электронов. Для обеспечения катодной защиты от биообрастания необходим источник тока, принципиальная схема представлена на рис.1.

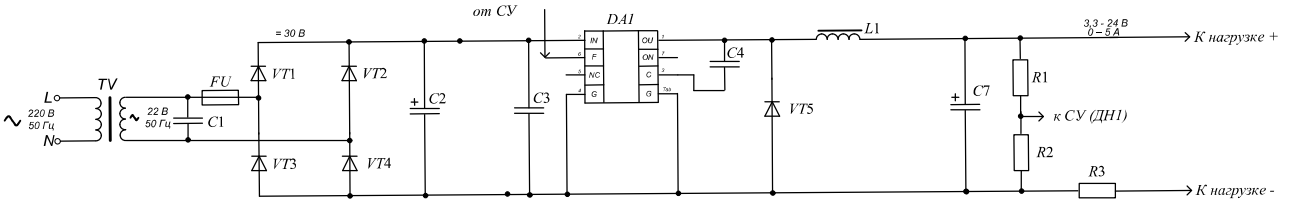


Рис. 1. Схема источника тока для катодной защиты

Схема содержит: сетевой трансформатор, мостовой выпрямитель и понижающий *DC/DC* преобразователь на базе специализированной микросхемы (например, *LM*2676). При

разработке источника питания необходимо знать перечисленные далее электрические параметры [2].

1. Номинальный ток системы защиты от биообрастания судового применения может быть до 5А при номинальном выходном напряжении до 24В. Он рассчитывается с учётом характеристик защищаемой металлоконструкции, сопротивления анода, свойств среды и прочих факторов для обеспечения в электролите такой концентрации ионов от жертвенного анода, при которой микроорганизмы гибнут.

2. Номинальное выходное напряжения для рассматриваемого процесса обычно лежит в диапазоне 3..24 В. Коэффициент пульсаций выходного тока и выходного напряжения 3%.

Таким образом, установленные параметры для источника питания катодной защиты металлоконструкций от биохимической коррозии позволяют спроектировать источник питания для защиты от биообрастания подводных частей судов.

Исследование выполнено в рамках государственного задания в сфере научной деятельности (тема №FSWE-2025-0002).

Библиографический список

1. Наумов, В.И. Коррозия и защита от коррозии/ Наумов В.И., Мацулевич Ж.В., Баттало-ва Ю.В, - Нижегородский государственный технический университет, 2010 год - 22стр.
2. ГОСТ-9.612-2025. Единая система защиты от коррозии и старения. Электрохимическая защита. станции катодной защиты. Общие технические условия, - ФГБУ «Институт стандартизации», 2025 год, - стр.12

УДК 621.313

РЯЗАНЦЕВ К.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПУСКА АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ С ЧАСТОТНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ OPTIMUS AD80

ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет»

Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором широко применяется в промышленности благодаря простоте конструкции, надежности и малой стоимости [1]. Однако его прямой пуск от сети создает значительные проблемы, так как пусковой ток превышает номинальный в 5 – 7 раз. Это вызывает просадки напряжения в сети, перегрев обмоток и повышенный износ. Автотрансформаторный и конденсаторный пуски несколько снижают пусковые токи, но пусковые характеристики нельзя считать удовлетворительными. Для устранения этих недостатков применяют устройства, ограничивающие пусковой ток, например, преобразователь частоты OptimusAD80. Частотный преобразователь обеспечивает разгон двигателя с регулированием частоты, что позволяет ограничить пусковой ток на уровне номинального (1,0–1,5 $I_н$) и сохранить высокий пусковой момент (до 150% $M_н$).

В экспериментальных исследованиях использовался трёхфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором (тип AIS71BU3/АИР63В4У3). Для пуска с управлением скоростью применялся преобразователь частоты Optimus AD80 (модель AD80-4TD75). На рисунке 1 представлены осциллограммы, полученные в ходе эксперимента. Синяя кривая (канал 1) отображает синусоидальное напряжение питающей сети, красная кривая (канал 2) — ток в цепи статора. Время разгона двигателя в частотном преобразователе установлено равным одной секунде, что определяет рост частоты от 0 до 50 Гц.

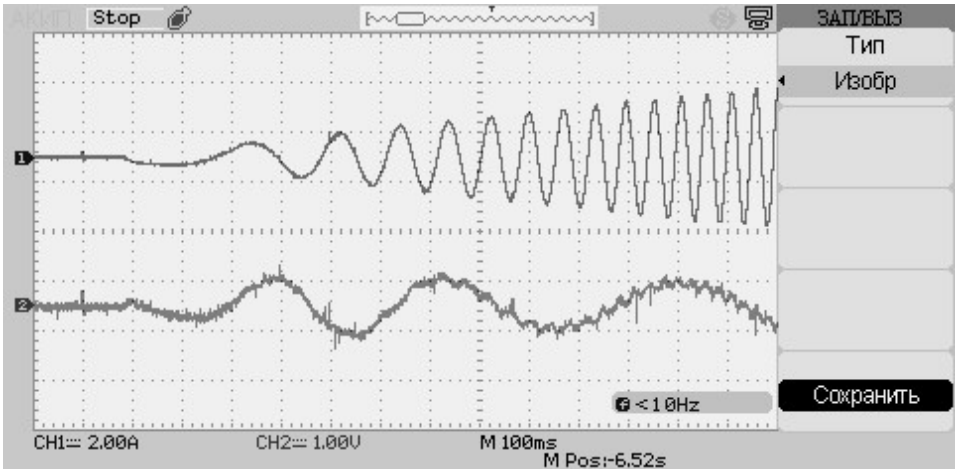


Рис.1. Пуск с использованием частотного преобразователя

Исследования показали, что пуск асинхронного двигателя с помощью частотного преобразователя Optimus AD80 оказался более эффективным, чем прямой, автотрансформаторный и конденсаторный пуски за счет меньших пусковых токов, большей плавности переходного процесса, возможности регулирования скорости и времени разгона.

---

1. Савенко, А. Е. Исследование работы мощного электропривода в автономном электротехническом комплексе / А. Е. Савенко, П. С. Савенко // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2017. – № 4. – С. 44-49.

УДК 621.314.571

СЕРОВ А.В.[1], ДАРЬЕНКОВ А.Б.[1], БОБЫЛЕВ И.В.[2]

ДРАЙВЕР УПРАВЛЕНИЯ ЗАТВОРОМ БИПОЛЯРНОГО ТРАНЗИСТОРА С ИЗОЛИРОВАННЫМ ЗАТВОРОМ

[1]Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева
[2]АО «Федеральный научно-производственный центр «Нижегородский научно-исследовательский институт радиотехники»

Схемотехника драйверов управления полумоста *IGBT* характеризуется следующими особенностями [1]:

- гальваническая развязка (оптическая или трансформаторная) импульсов управления *IGBT* [2], [3];
- быстродействующая максимально-токовая защита (измерение тока катушкой Роговского, измерение тока на шунте, измерение напряжения насыщения) [4];
- гальваническая развязка для передачи сигнала аварии на сторону низкого потенциала (по оптическому каналу, через трансформатор с различными способами модуляции).
- источник питания выходных цепей драйвера (бутстрепное питание, независимый источник питания на основе обратноходовой DC/DC схемы или push-pull схемы с двумя выходными гальванически изолированными каналами)

Обычно применяются источники питания с жестким переключением транзисторов, что является причиной высокого значения *du/dt*, а это приводит к появлению тока через паразитные емкости трансформатора и печатной платы, который может приводить к сбоям в работе драйвера, особенно в аварийных режимах управляемого им преобразователя. Как правило,

эти токи характеризуются частотами, на порядок превышающими частоту коммутации управляемых драйвером *IGBT* и вносят практически непрерывный шумовой фон.

В части построения независимого источника питания возможно улучшить параметры драйвера с помощью задания минимального времени перепада напряжения на транзисторах источника, тем самым снижая *du/dt*, и, соответственно, уменьшая синфазную помеху и потери на переключение.

В устройствах, в которых сам объект управления силовым преобразователем является генератором сильных помех (например, антенна), дополнительный шум, вносимый источником питания драйвера крайне нежелателен ввиду снижения запаса устойчивости объекта управления.

Уменьшить синфазную помеху от источника питания драйвера возможно применением *DC/DC* преобразователя, в котором перепад напряжения задается *LC* контуром. Силовая часть источника питания драйвера выполнена по мостовой схеме (рисунок 1), дроссель *L1* и два конденсатора полумоста *Czvs* образуют контур, который обеспечивает управляемый перепад напряжения.

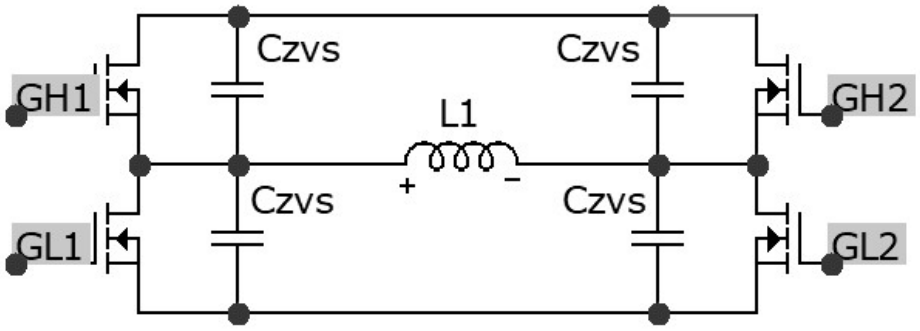


Рис. 1. Силовая часть источника питания, выполненного по технологии мягкой коммутации *IGBT*

Кроме того, в данной схеме реализуется коммутация при переходе напряжения на силовом транзисторе через ноль. Осциллограммы работы источника питания драйвера приведены на рис. 2.

Применение мягкой коммутации в источнике питания драйвера *IGBT* позволяет снизить требование к охлаждению силовых элементов источника питания и позволяет повысить его выходную мощность, что актуально для питания затворов параллельно соединенных транзисторных модулей.

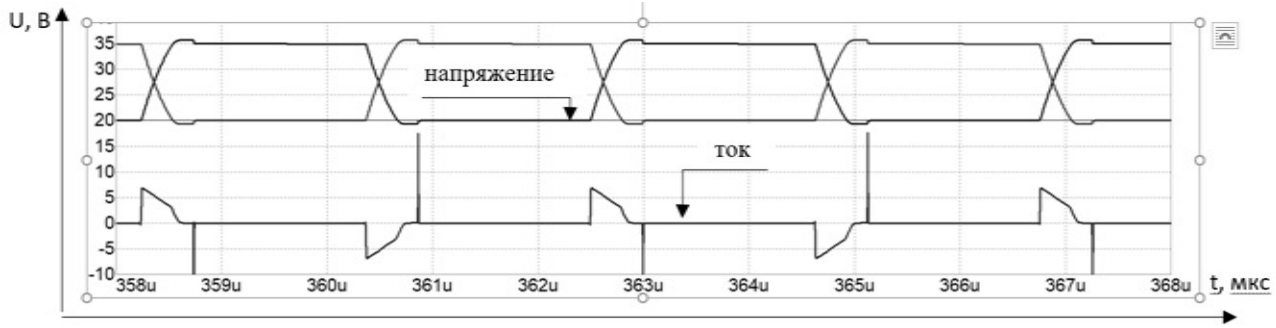


Рис. 2. Осциллограммы переключения ключей источника питания драйвера при переходе напряжения на *IGBT* через ноль

Библиографический список

1. Пескин А. Обзор изолированных драйверов затвором MOSFET/IGBT // Силовая электроника. – 2019. - №1.

2. Серов А.В., Андрюхин М.В., Титов В.Г. Сравнение драйверов управления стойкой силового инвертора с помощью среды схемотехнического моделирования microcap // Актуальные проблемы электроэнергетики. – 2023. - с.28-35.
3. Дарьенков А.Б., Серов А.В., Бобылев И.В., Шалухо А.В. Имитационная модель стойки IGBT транзистора с драйвером на основе аналоговых компонентов. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2025690735. Заявл. 21.10.25; Опубл. 11.11.25.
4. Драйверы затворов: защита от сквозных токов IGBT, MOSFET, SIC, GAN // Электронный ресурс inner.su. – 2025, дата обращения 26.03.25.

УДК 621.314
ТИХОНОВ А.П., ВАНЯЕВ В.В., ПЕТУХОВ Н.М., УТКИН Е.А., ПОДОСОКОРСКИЙ М.А.

ТРЕХФАЗНЫЙ КОРРЕКТОР КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ ПОНИЖАЮЩЕГО ТИПА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В последние десятилетия существует тенденция к увеличению мощности устройств, подключаемых к трёхфазной сети переменного тока. При этом ужесточаются требования к качеству потребляемой электроэнергии – в частности, к коэффициенту потребляемой мощности и уровню высших гармоник тока, регламентируемые международными стандартами (*IEC* 61000-3-12, *IEEE* 519), что вызывает необходимость широкого применения трёхфазных корректоров коэффициента мощности (ККМ).

Существует целый ряд нагрузок (зарядные станции электромобилей, промышленные сервоприводы, мощные источники бесперебойного питания и другие), которые требуют для питания регулируемого напряжения ниже выпрямленного напряжения сети. Для обеспечения этих требований и получения высокого коэффициента потребляемой мощности эффективным решением является применение ККМ понижающего типа.

В работе проведен анализ существующих схемных реализаций трехфазных ККМ понижающего типа [1-3] и решены следующие задачи:

- для выбранной схемной реализации получены основные расчетные соотношения к проектированию и выбору элементов силовой цепи;
- выполнено имитационное моделирование устройства для анализа электромагнитных процессов, оценки его взаимодействия с сетью, а также проверки алгоритмов управления в среде *MATLAB Simulink*. Результаты моделирования позволили выявить особенности функционирования рассматриваемого преобразователя в различных режимах работы и условиях эксплуатации;
- разработаны принципиальные электрические схемы основных узлов преобразователя, изготовлен и испытан макетный образец устройства.

Полученные в результате проведения экспериментальных исследований осциллограммы приведены на рис.1.

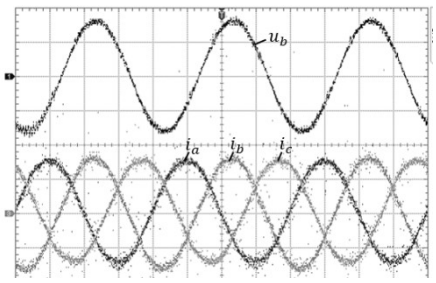


Рис.1. Осциллограммы работы устройства (масштабы: m_u= 200В /дел; m_i = 1А /дел)

Библиографический список

1. T. B. Soeiro, T. Friedli and J. W. Kolar, "Design and Implementation of a Three-Phase Buck-Type Third Harmonic Current Injection PFC Rectifier SR," in IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 28, no. 4, pp. 1608-1621, April 2013, doi: 10.1109/TPEL.2012.2209680.
2. T. B. Soeiro, F. Vancu and J. W. Kolar, "Hybrid Active Third-Harmonic Current Injection Mains Interface Concept for DC Distribution Systems," in IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 28, no. 1, pp. 7-13, Jan. 2013, doi: 10.1109/TPEL.2012.2209897.
3. T. B. Soeiro, T. Friedli and J. W. Kolar, "Swiss rectifier — A novel three-phase buck-type PFC topology for Electric Vehicle battery charging," 2012 Twenty-Seventh Annual IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), Orlando, FL, USA, 2012, pp. 2617-2624, doi: 10.1109/APEC.2012.6166192.

УДК 621 314

ШВЫРКАЕВ И.С., АЛЕШИН Д.А., МУРАШОВ А.Д.

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ ГИБРИДНОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ БПЛА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Современные беспилотные летательные аппараты (БПЛА) предъявляют жёсткие требования к системам электропитания: высокая энергоэффективность, минимальная масса, компактность и надёжность в широком диапазоне условий эксплуатации. Традиционные схемы питания сталкиваются с нестабильностью выходного напряжения при разряде аккумуляторов, необходимостью согласования разнородных нагрузок (бесщёточные двигатели, авионика, датчики) и ограничениями по массогабаритным показателям. В связи с этим возрастает потребность в применении гибридных архитектур источников питания и современных преобразовательных топологий, способных обеспечить стабильность силовой шины при изменении состояния заряда батарей.

В работе рассмотрены классические (*Buck, Boost*) и перспективные топологии: четырёхключевой повышающе-понижающий преобразователь [1], многовходовые изолированные (МВИ) *DC-DC* преобразователи [2] и резонансные преобразователи с частичной обработкой мощности (*PPP*) [3]. Сравнительный анализ выполнен на основе показателей КПД, удельной массы, стоимости, рабочего диапазона мощностей и типовых сценариев применения в бортовой сети БПЛА.

Установлено, что традиционные *Buck*- и *Boost*-преобразователи сохраняют актуальность для простых систем с однородными низковольтными нагрузками благодаря низкой стоимости и отработанной элементной базе. Однако для современных БПЛА с гибридными источниками энергии (литий-полимерные аккумуляторы, водородные топливные элементы, суперконденсаторы) и требованиями к рекуперации энергии более эффективны сложные топологии. Четырёхключевой *Buck-Boost* обеспечивает стабилизацию напряжения при глубоком разряде батареи и двусторонний энергообмен. МВИ-преобразователи решают задачи гальванической развязки, резервирования и безопасной интеграции разнородных источников. Резонансные PPP-топологии демонстрируют наилучшие массогабаритные показатели и минимальные тепловые потери, что делает их перспективными для систем с топливными элементами и длительными миссиями. Ключевой технологической задачей для их использования остаётся разработка алгоритмов распределения энергопотоков в реальном времени с учётом состояния заряда (*State of Charge, SoC*) и динамических режимов полёта.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-29-01676.

Библиографический список

1. Byun S.-J., Jang B.-G., Jo J.-W., Choi D.-Y., Pu Y.-G., Yoo S.-S., Kim S.-K., Jung T.-J., Lee K.-Y. Design of a High Efficiency Bi-Directional Four-Switch Buck-Boost Converter With HV Gate Driver for Multi-Cell Battery Power Bank Applications // IEEE Open Journal of Circuits and Systems. 2025. Vol. 6. P. 110–119. DOI: 10.1109/OJCAS.2025.3557835
2. Tran Y.-K., Dujic D. A multiport isolated DC-DC converter // 2016 IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC) : conference proceedings. Long Beach, CA, USA, 2016. P. 156–162. DOI: 10.1109/APEC.2016.7467867
3. Liu B., Zhou Y., Li J. Lightweight Face Detection Algorithm under Occlusion Based on Improved CenterNet // 2022 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC) : conference proceedings. Prague, Czech Republic, 2022. P. 803–808. DOI: 10.1109/SMC53654.2022.9945612.

УДК 621.314

ШИРШИН К.А.[1,2], СЕРЕБРЯКОВ А.В.[1], БОБЫЛЕВ И.В.[2]

ТРЕХУРОВНЕВЫЙ ИНВЕРТОР НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ АВТОНОМНЫХ ЭЛЕКТРОГЕНЕРИРУЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ

[1]Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева
[2]АО «Федеральный научно-производственный центр «Нижегородский научно-исследовательский институт радиотехники»

Инверторы получили широкое применение в различных сферах: «зеленая» энергетика, системы бесперебойного питания, электротранспорт и не только. Именно эти устройства обеспечивают преобразование постоянного тока в переменный.

Большинство современных инверторов строятся на *IGBT*-транзисторах, которые имеют следующие недостатки: низкая скорость коммутации из-за особенностей структуры, высокие энергетические потери. Появление карбид-кремниевых транзисторов позволило избавиться от вышеописанных недостатков, поэтому можно ожидать, что при снижении цен они будут активно применяться в будущем для решения задач по преобразованию параметров электроэнергии.

На сегодняшний день наиболее распространены двухуровневые инверторы, они просты в изготовлении и их применение экономически обосновано.

Развитие техники привело к созданию трехуровневых инверторов. Существуют две различные топологии с Т-образным мостом и со связью со средней точкой через диоды. Главными преимуществами топологии с Т-мостом является возможность одновременного закрытия всех ключей, что может быть особенно полезно при аварийном отключении нагрузки, а также большая гибкость реализации широтно-импульсной модуляции (ШИМ) благодаря соединению со средней точкой транзисторами.

Трехуровневый инвертор в сравнении с двухуровневым имеет преимущества. Для обеспечения заданного качества выходного напряжения требуется меньшая частота переключения транзисторов, за счет чего сокращаются динамические потери [1]. Коммутируется меньшее напряжение, за счет чего значительно уменьшается уровень синфазной помехи. Основным методом управления ключами является пространственная векторная ШИМ. Важно отметить, что в процессе работы возникает асимметрия на конденсаторах, делящих звено постоянного тока, поэтому напряжение на конденсаторах необходимо выравнивать. Реализо-

вать балансировку возможно двумя способами, за счет добавления специального алгоритма управления ключами или с помощью добавления ключей, сбрасывающих лишнее напряжение на балластную нагрузку.

К недостаткам трехуровневого инвертора можно отнести увеличенное количество полупроводниковых ключей, и, соответственно, драйверов управления ими, что усложняет аппаратуру.

---

1. Ширшин К.А., Сравнительный анализ двухуровневых и трехуровневых инверторов в системах электроприводов устройств вращения РЛС / Ширшин К.А., Бобылев И.В., Серебряков А.В., Фролова Д.М. // Радиолакация и связь – перспективные технологии. XXIII Всероссийская молодежная научно-техническая конференция (Москва, 05 декабря 2025 г.) / Сборник трудов конференции – М.: Мир науки, 2026 г. – Режим доступа: https://izd-mn.com/PDF/11MNNPK26.pdf

УДК 621.319.4

КОВАЛЬ В.В.

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ ПРИ АКУМУЛЯЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

АО «Элинж» НН

Суперконденсаторы (ионисторы) представляют собой электрохимические накопители энергии, отличающиеся от классических конденсаторов практически неограниченным сроком службы и высокой удельной мощностью (до 10 000 Вт/кг). В современных условиях актуальна задача интеграции суперконденсаторов в системы питания радиоэлектронной аппаратуры для кратковременного покрытия пиковых нагрузок и увеличения ресурса основных химических источников тока[2].

Целью работы является исследование характеристик заряда и разряда суперконденсатора для оценки эффективности его применения в гибридных системах энергообеспечения (например, в контроллерах роботизированных захватов или климатических установках).

В рамках аппаратного эксперимента исследовался модуль суперконденсатора MAXWELL с номинальными параметрами 165 Ф / 48 В. Для высокоточного измерения и фиксации параметров тока и напряжения применялся прецизионный регистратор данных KEITHLEY DAQ6510. Разряд устройства осуществлялся постоянным током, что позволило определить эквивалентное последовательное сопротивление (ESR), удельную мощность и проанализировать профиль падения напряжения.

Анализ полученных данных показал, что после отключения суперконденсатора от нагрузочного резистора наблюдается эффект диэлектрической индукции — самопроизвольное частичное восстановление напряжения на клеммах без внешнего источника, обусловленное высвобождением энергии, сохраненной внутри структуры материала. Процесс заряда при постоянном напряжении протекает линейно, однако при приближении к номинальной емкости ток снижается, увеличивая общее время полного заряда [1].

Результаты исследования подтверждают высокую эффективность применения суперконденсаторов в качестве буферных накопителей в цепях питания с импульсным потреблением. Интеграция ионисторов позволяет сглаживать броски тока, возникающие при старте

электродвигателей, тем самым снижая деградацию аккумуляторных батарей и повышая общую надежность конструируемой радиоэлектронной аппаратуры.

Библиографический список

1. Douglas H., Pillay P. Sizing Ultracapacitors For Hybrid Electric Vehicles // Department of Electrical Engineering, Clarkson University. – 2005. – 6 p.
2. Moftah A. Review of Supercapacitor Technology // ResearchGate. – 2019. – URL: https://www.researchgate.net/publication/337591423_Review_of_Supercapacitor_Technology.

СЕКЦИЯ 3

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Подсекция 3.1

Промышленные технологии в машиностроении

УДК 66.045

БЕСЕДИН Д.А., КОСЫРЕВ В.М., СОКОЛОВ А.Е.

ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ВИХРЕВОГО ТЕПЛООБМЕННОГО АППАРАТА С УГЛОВЫМ ВВОДОМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Рекуперативные теплообменные аппараты (ТА) широко применяются в различных отраслях промышленности. Перспективно использование для целей теплообмена модулей на основе вихревых камер (ВК). Традиционная ВК это – короткий цилиндр с двумя плоскими крышками, тангенциальным входным и центральным выходным патрубком для жидкости. Пара соосных ВК с общей стенкой, служащей поверхностью теплообмена – простое и эффективное устройство для теплообмена – вихревой теплообменный аппарат (ВТА). Обычно теплоносители (Т/Н) вводят в тангенциальные патрубки ВТА, что обеспечивает энергичное вращение жидкости в пространстве ВК. Аппараты такого типа были разработаны и испытаны в ДПИ. Конструкции защищены патентами РФ (№2711569 и № 2813402). Дальнейшее развитие ВТА требует различного соединения модулей на основе ВК. Альтернативой тангенциального ввода (вариант Т) Т/Н является его ввод через угловые патрубки (вариант У), размещенные на крышках ВТА. Применение угловых патрубков упрощает создание компоновок из модулей на основе ВК. Однако неясно, как это скажется на сопротивлении и на теплообмене в ВТА.

Целью работы является сравнить оба варианта ввода Т/Н.

Опытный ВТА состоит из двух соосных ВК, разделенных теплообменным диском. Диаметр камер - D= 305 мм при их высоте h= 30 мм. Устройство ВТА показано на рис.1.

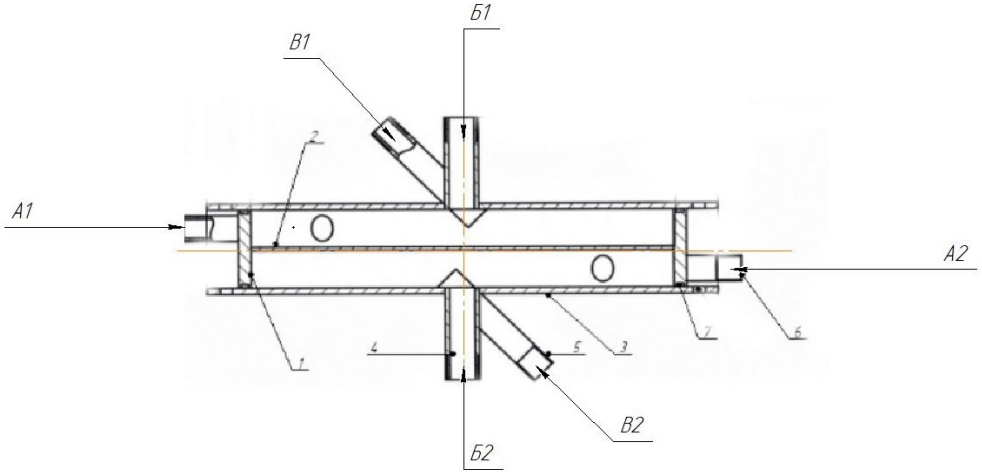


Рис. 1. Опытный ВТА:
1 – корпус; 2 – теплообменный диск; 3 – крышка; 4 – штуцер dy20; 5 – угловой патрубок dy15; 6 – тангенциальный патрубок dy15; 7 – прокладка. А1 – вход холодного т/н , А2 – вход горячего т/н; Б1,2 – выход т\н; В1 – вход холодного т/н; В2 – вход горячего т/н.

Аппарат имеет входные тангенциальные и угловые патрубки. Угловые установлены под углом β = 45 на верхней и нижней крышках ВТА на радиусе 114 мм. Тангенциальные – врезаны на цилиндрической стенке камер. Их радиус ввода – 114 мм Аппарат изготовлен из стали 12Х18Н10Т. Элементы ВТА стянуты шпильками.

Опыты проводили на стенде, который включал: ВТА, бак горячей воды с ТЭНом, Ц/Б насос, ротаметры горячей и холодной воды, цифровые приборы для замера температур и давлений Т/Н на входе и выходе. Опытный ВТА размещали горизонтально. Устройство верхней «холодной» ВК полностью аналогично устройству нижней «горячей» ВК. В ходе опытов определяли гидравлическое сопротивление ВК - ΔP и коэффициенты теплопередачи K. Опыты выполняли: по варианту Т – с подачей Т/Н по тангенциальным патрубкам, по варианту У– с подачей Т/Н по угловым патрубкам. В ходе опытов расход горячей воды меняли от 0,646 до 2,723 м^3/ч; расход холодной воды - от 0,749 до 1,404 м^3/ч. Начальная температура воды в опытах составляла: для горячей - 45÷47^{O}С, для холодной - 9÷12^{O}С.

Данные по влиянию варианта ввода теплоносителя на ΔP приведены в табл.1. Сопротивления ΔP_m и ΔP_y усреднены по трём значениям.

Таблица 1

Зависимость гидравлического сопротивления ВК (ΔP) от расхода Т/Н

Показатель	Расход горячего теплоносителя $V_г$, м^3/ч				
	0,646	1,122	1,622	2,159	2,723
ΔP_m, (кПа / %)	8,37/100	24,17/100	49,77/100	87,1/100	138,2/100
ΔP_y,(кПа / %)	9,17/109,6	23,87/98,8	47,97/96,4	82,13/94,3	128,8/93,2

Видно, что ΔP в случае работы ВТА с угловыми входными патрубками (ΔP_y) в большей части диапазона даже несколько ниже чем при тангенциальном вводе (ΔP_m).

Значения коэффициентов теплопередачи (K, Вт/м^{2}К)при постоянном расходе холодного Т/Н $V_х$ = 1,404 м^3/ч и соответственно для расходов $V_г$: 0,646 - 1,122 - 1,622 - 2,159 м^3/ч составили K_m/ $K_у$: 1270/1222 - 1464/1407 - 1560/1562 - 1617 /1667.

Данные опытов по сопротивлению однозначно подтвердили возможность применения в вихревых камерах входных патрубков углового исполнения. Влияние варианта Т или У на теплообмен требует дополнительного экспериментального изучения вопроса.

УДК 004.8:378.147

БИРЮКОВА Е.В., АНОСОВ М.С.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ОБУЧЕНИЯ И ТЕСТИРОВАНИЯ СТУДЕНТОВ-ТЕХНОЛОГОВ: ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ И ВНЕДРЕНИЮ

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Одним из ключевых мировых трендов в области профессионального образования является разработка интеллектуальных систем для обучения сотрудников предприятий навыкам конструкторско-технологической подготовки производства и работы с технической документацией. Промышленные предприятия машиностроительного комплекса испытывают дефицит квалифицированных технологов, способных самостоятельно разрабатывать маршрутные и операционные технологические процессы, выбирать режущий инструмент и обеспечивать требуемые квалитеты точности обработки [1]. Применение искусственного интеллекта (ИИ) в образовательных системах переходит из категории экспериментальных решений в разряд стратегически необходимых инструментов: компании, внедрившие ИИ-ориентированные платформы, сокращают время подготовки технических специалистов на 30-45% при одно-

временном повышении уровня усвоения компетенций [2].

Современная система на базе ИИ должна проектироваться как решение, адаптированное под конкретные производственные задачи заказчика. Интеграция с нормативно-технической базой предприятия – ГОСТ, отраслевые стандарты, внутренние регламенты – обеспечивает соответствие формируемых компетенций реальным требованиям производства [3]. ИИ-компонент системы анализирует профили должностей, типовые ошибки технологов на производстве и актуальные пробелы в знаниях, формируя персонализированные траектории обучения как для первичной квалификации студентов, так и для повышения квалификации действующих специалистов предприятия.

Для эффективного обучения студентов-технологов система ИИ требует структурированной базы знаний, включающей: справочники режимов резания, классификаторы обрабатываемых поверхностей и применяемого оборудования, атласы типовых технологических процессов, базы данных дефектов и их причин. Наполнение базы знаний производится совместно с отраслевыми экспертами и верифицируется по действующей нормативной документации. Применение онтологического моделирования предметной области позволяет обеспечить семантическую связность и масштабируемость базы [4].

Предлагаемая методология строится на кейсовом подходе с градацией по четырём уровням сложности, определяемым типом обрабатываемых поверхностей и достигаемыми квалитетами точности согласно ГОСТ 25346–2013 [5]: уровень I – базовый: до 10 обрабатываемых поверхностей, IT12–IT14; уровень II – средний: до 15 обрабатываемых поверхностей, до IT9; уровень III – повышенный: до 20 обрабатываемых поверхностей, до IT8; уровень IV – экспертный: до 30 обрабатываемых поверхностей, до IT6.

Система ИИ автоматически подбирает кейс в соответствии с текущим уровнем компетенций обучающегося и выявленными пробелами, обеспечивая адаптивное прохождение программы. Каждый кейс включает набор контрольных вопросов, автоматически проверяемых заданий и экспертно оцениваемых практических работ [7].

Разработка интеллектуальной системы обучения и тестирования студентов-технологов с применением ИИ и кейсового метода формирует эффективную среду для подготовки специалистов, отвечающих реальным требованиям современного производства. Уровневая система кейсов позволяет охватить весь спектр компетенций – от первичной квалификации до профессионального мастерства – и обеспечивает объективную, воспроизводимую оценку результатов обучения. Дальнейшее развитие проекта направлено на расширение предметной области и интеграцию системы с корпоративными платформами управления персоналом предприятий.

Библиографический список

1. Васильев В. Н., Куцубина Н.В. Цифровая трансформация инженерного образования: вызовы и перспективы // Высшее образование в России. – 2023. – № 4. – С. 45–57.
2. Holm M., Geigle L. AI-driven adaptive learning in technical education: a meta-analysis // Journal of Engineering Education. – 2023. – Vol. 112, No. 2. – P. 134–152.
3. Митрофанов В. Г., Схиртладзе А.Г. Технологические процессы в машиностроении: учебник. – М.: Высшая школа, 2021. – 448 с.
4. Беляев М. В., Пронин С. П. Формирование баз знаний для экспертных систем в области механообработки // Известия МГТУ «МАМИ». – 2022. – № 3. – С. 78–86.
5. ГОСТ 25346–2013. Основные нормы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. Система допусков на линейные размеры. – М.: Стандартинформ, 2014. – 57 с.
6. Далингер В.А. Кейс-технология в профессиональной подготовке инженеров-технологов // Профессиональное образование в России и за рубежом. – 2023. – № 2. – С. 33–40.

7. Zhang Y., Chen X., Liu H. Automated assessment in engineering education using natural language processing and knowledge graphs // Computers & Education. – 2024. – Vol. 195. – Article 104719.

УДК 004.8

ВАСИЛЬЕВ М.А., МАНСУРОВ Р.Ш.

РАЗВИТИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ООО «МИР ЦЕПЕЙ» НА ОСНОВЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

В современных условиях повышение эффективности машиностроительного предприятия определяется не только состоянием оборудования, но и качеством конструкторско-технологической подготовки производства. Для ООО «Мир цепей», специализирующегося на выпуске сварных сельскохозяйственных цепей и продукции из проволоки, данное направление имеет ключевое значение, поскольку именно на стадии разработки конструкции и технологии закладываются показатели прочности, точности, технологичности и себестоимости готового изделия. Основная идея исследования заключается в том, что устойчивое развитие предприятия может быть обеспечено не столько за счет экстенсивного наращивания ресурсов, сколько за счет совершенствования конструкторско-технологических процессов, обеспечивающих снижение потерь, стабилизацию качества и повышение производственной результативности.

Специфика продукции ООО «Мир цепей» обусловливает повышенные требования к качеству сварных соединений, геометрической точности звеньев, стабильности механических характеристик и повторяемости параметров в серийном выпуске. Любые недостатки в конструкции изделия, выборе материала, проектировании маршрута обработки или назначении режимов сварки приводят к росту брака, дополнительным переделкам, перерасходу металла и увеличению трудоемкости. В связи с этим конструкторско-технологическая подготовка производства должна рассматриваться как системообразующий элемент управления, от которого зависят технические и экономические результаты деятельности предприятия.

В работе обосновано, что развитие ООО «Мир цепей» целесообразно осуществлять по четырем взаимосвязанным направлениям. Первое направление связано с повышением технологичности конструкции изделий. Для сварных сельскохозяйственных цепей и проволочной продукции это предполагает унификацию типоразмеров, снижение конструктивной избыточности, уточнение требований к допускам и более полное согласование конструкторских решений с реальными возможностями оборудования. Второе направление заключается в оптимизации технологических маршрутов изготовления. Практический эффект здесь достигается за счет сокращения лишних переходов, уточнения последовательности операций, стабилизации режимов сварки, совершенствования оснастки и уменьшения времени переналадки.

Третье направление связано с усилением операционного контроля качества. Для рассматриваемого предприятия важен переход от контроля только готового изделия к предупреждающему контролю на промежуточных стадиях производства: при подготовке проволоки, формировании звеньев, выполнении сварки и финальной обработке. Такой подход позволяет своевременно выявлять отклонения, предупреждать накопление дефектов в партии и обеспечивать устойчивость параметров продукции. Четвертое направление предполагает совершенствование инженерной документации и организационного взаимодействия между

конструкторскими, технологическими и производственными подразделениями. Стандартизация маршрутных карт, актуализация технологических инструкций и сокращение времени согласования изменений позволяют ускорить запуск изделий в производство и снизить вероятность ошибок.

Предлагаемый подход имеет не только техническое, но и выраженное экономическое значение. Совершенствование конструкторско-технологических процессов позволяет снизить материалоемкость продукции, сократить долю брака и повторных переделок, уменьшить трудоемкость операций и повысить производительность труда. Для предприятия, выпускающего цепные и проволочные изделия серийного характера, даже небольшое сокращение расхода металла и времени обработки на единицу продукции обеспечивает заметный совокупный эффект. Кроме того, стабильность технологии и качества создает основу для укрепления рыночных позиций предприятия, повышения доверия потребителей и расширения номенклатуры выпускаемой продукции.

Таким образом, основная мысль работы состоит в том, что развитие ООО «Мир цепей» должно осуществляться через целенаправленное совершенствование конструкторско-технологической подготовки производства. Для предприятия данного профиля именно качество инженерной проработки изделия и технологического процесса определяет уровень затрат, надежность продукции и устойчивость производственной системы. Комплексная реализация мероприятий по повышению технологичности конструкции, оптимизации технологических маршрутов, совершенствованию контроля качества и стандартизации документации формирует практическую основу для роста эффективности и конкурентоспособности предприятия.

УДК 621.9.048.6

ВОРОБЬЕВА П.В., ШУШКЕВИЧ Е.А., ФРОЛОВА И.Н., ЛАПТЕВ И.Л.

ПРАКТИЧЕСКИЕ СЛОЖНОСТИ ПРИ ПОДБОРЕ ГАЛТОВОЧНЫХ ТЕЛ ДЛЯ ВИБРОГАЛТОВКИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Несмотря на наличие теоретических рекомендаций и классификационных критериев, на практике подбор галтовочных тел сопряжён с рядом существенных сложностей, обусловленных многофакторностью процесса, комплексным взаимодействием технологических, экономических и организационных факторов и отсутствием универсальных решений

Ключевой проблемой выступает отсутствие универсальных стандартов, регламентирующих выбор галтовочных тел для различных комбинаций материала детали, особенно, деталей сложной геометрии – с отверстиями, углублениями, пазами и другими элементами, требуемого качества поверхности, объёма партии и экономических ограничений.

Необходимость предварительного тестирования и ограниченность ресурсов для экспериментов также существенно усложняет процесс подбора, что увеличивает временные и материальные затраты на подготовку производства, особенно при освоении новых изделий.

Среди типичных ошибок при подборе галтовочных тел можно выделить: использование галтовочных тел, сопоставимых по размеру с отверстиями или углублениями детали (что приводит к застреванию и повреждению изделия); игнорирование стадии обработки (применение крупных абразивных тел на финишных операциях или мелких – на черновых стадиях); недооценка влияния формы галтовочных тел (использование шаров для удаления крупных заусенцев или пирамид для полировки зеркальных поверхностей); пренебрежение износом

(продолжение работы с сильно изношенными галтовочными телами, снижающими качество обработки и увеличивающими время цикла); некорректное соотношение детали и галтовочных тел» (загрузка слишком малого количества галтовочных тел, повышающая риск повреждений, или избыточного, приводящего к неоправданному росту затрат без улучшения результата).

Для минимизации указанных сложностей рекомендуется: создавать базу данных по отработанным; проводить поэтапное тестирование на небольших партиях деталей; использовать комбинированные решения, применяя разные типы галтовочных тел на различных стадиях; внедрять систему контроля износа галтовочных тел; повышать квалификацию персонала; автоматизировать контроль параметров процесса.

Библиографический список

1. ГОСТ 23505-79. Обработка абразивная. Термины и определения. — Введ. 1981-01-01. — Москва : Изд-во стандартов, 1979. — 23 с.
2. Бабей, А. Ф. Виброабразивная обработка деталей машин / А. Ф. Бабей, Ю. И. Бутаков, В. Г. Соловьев. — Москва : Высшая школа, 1982. — 160 с.
3. Шушкевич, Е. А. Комплексная оценка влияния процесса виброгалтования на формирование качества поверхности и геометрических параметров деталей из алюминиевых сплавов / Е. А. Шушкевич, П. В. Воробьева, А. В. Коваль [и др.]. — Текст : непосредственный // Научно-технический вестник Поволжья. — 2025. — № 12. — С. 333–337.
4. Костенков, С. А. Галтовочное оборудование – общие рекомендации [Электронный ресурс] / С. А. Костенков. — Режим доступа: https://www.cnc42.ru/index/rekomendacii/0-35 (дата обращения: 14.04.2026).

УДК 621.961.01

ГНЕЗДНИКОВ В.О., ЗВОНИЛОВА А.А.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И КОНСТРУКТОРСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ «ЛИСТ РОТОРА» ИЗ ТОНКОЛИСТОВОЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ СТАЛИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В изделиях современного машиностроения применяется большое количество деталей, изготавливаемых из тонколистового материала. Одной из таких характерных деталей является лист ротора, который изготавливается из высоколегированной холоднокатаной изотропной электротехнической стали. Лист ротора имеет форму тонколистовой шайбы с точными размерами по внутреннему и внешнему диаметрам. Производство деталей имеет массовый характер, поэтому основным процессом их изготовления является листовая штамповка с применением совмещенной операции вырубки-пробивки в жестком штампе. Качество поверхностей разделения по внутреннему и внешнему диаметрам детали оговаривается высотой заусенца. Развитие современного электрооборудования, в частности электродвигателей, повышает требования к качеству изготовления листов ротора. Одним из основных требований является изготовление листов толщиной 0,2 мм с высотой заусенца не более 2 мкм.

Разработка технологических процессов изготовления листов роторов электродвигателей имеет давнюю историю, которая позволила определить общемировые основные технические и технологические направления: использование специализированного оборудования – пре-

цизионных прессов; применение штамповой оснастки, в котором соосность верхнего инструмента относительно нижнего обеспечивается применением четырех сепараторных направляющих узлов; применение автоматизированной подачи, которая дополнительно выполняет натяжение заготовки – рулонного листа.

Отечественное машиностроение имеет достаточно большой опыт в разработке технологии изготовления роторных листов методом листовой штамповки. В первую очередь следует отметить работы д.т.н., проф. Ф.П. Михаленко, изложенные в справочной и научно-технической литературе [1, 2, 3]. Основные результаты исследований включили разработку обобщенной схемы очага деформации и анализ его изменения на стадиях разделительной операции; оценку влияния технологического зазора на качество поверхности разделения.

Очаг деформации при разделительных операциях листовой штамповки (рис. 1) состоит из зон, которые возникают и трансформируются по ходу выполнения операции. Зона *I* возникает с момента внедрения режущих кромок пуансона и матрицы в тело заготовки и характеризуется образованием утяжины. Зоны *II* и *III* возникают на второй стадии операции – стадии пластического сдвига, характеризуются повышением деформированного состояния, которое в зоне *III* имеет меньшее значение чем в зоне *II*. Вторая стадия заканчивается в момент исчерпания пластичности материала в зоне *II*. Третья стадия характеризуется появлением скалывающих трещин у режущих кромок пуансона и матрицы. Направление смещения разделяемых частей заготовки (направление разделения) друг относительно друга зависит от величины технологического зазора и определяется направлением касательной в точке перегиба предельной линии скольжения (рис. 2). Оптимальная величина технологического зазора, по данным Ф.П. Михаленко, составляет 7,5% толщины материала.

Величина технологического зазора и острота режущих кромок пуансона и матрицы влияют на качество разделяемых поверхностей (рис. 3). Острозаточенные режущие кромки и оптимальный технологический зазор определяют минимальную ширину очага деформации и как следствие наименьшую высоту заусенца, который является частью упрочненной зоны *II*.

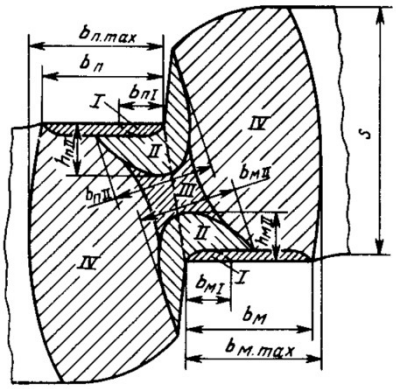


Рис. 1. Схема очага деформации и составляющих его зон в разделительных операциях листовой штамповки

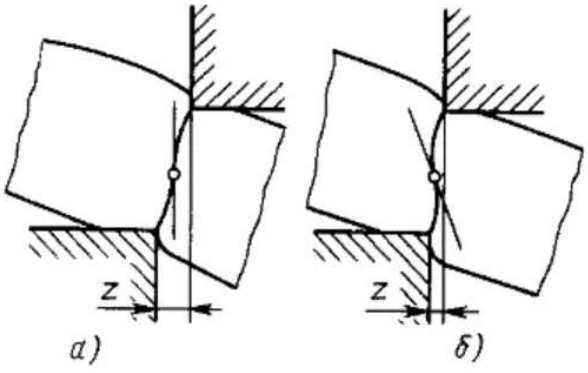


Рис. 2. Направление касательной в точке перегиба предельной линии скольжения:
а – при оптимальном зазоре z;
б - при уменьшенном зазоре z

В справочных данных различают первый и второй оптимальные зазоры. Первый зазор обеспечивает получение качественной бездефектной поверхности разделения при высоких силовых нагружениях. Второй зазор обеспечивает получение деталей хорошего качества при умеренных силовых нагрузках. В справочной литературе приведены общие рекомендации по величине оптимальных технологических зазоров для стальных металлов при чистовой вырубке-пробивке.

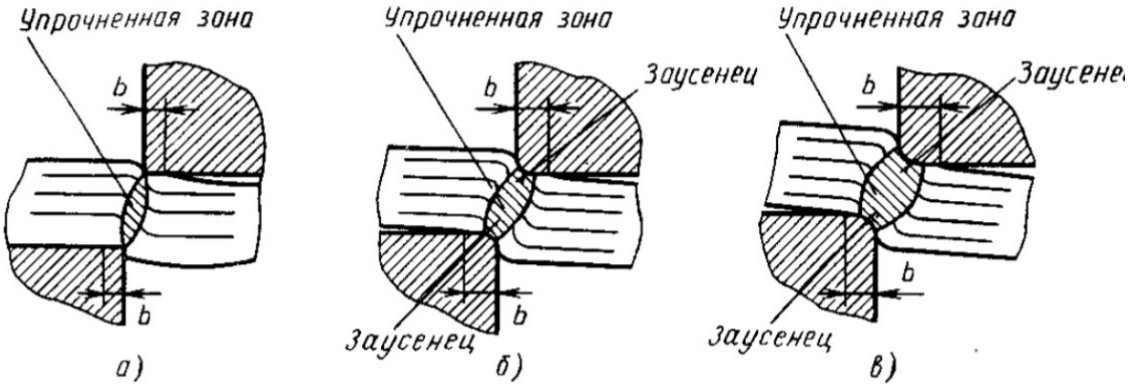


Рис. 3. Схема образования упрочненной зоны и заусенца при вырубке-пробивке инструментом с острыми режущими кромками (*а*) и притупленными (*б* и в) кромками

В научно-технической литературе данные по изготовлению листа ротора из листовой заготовки толщиной 0,2 мм и высотой заусенца отсутствуют. Следует также отметить тот факт, что при вырубке-пробивке листа заусенец образуется на обоих его поверхностях. Очевидно, применительно к рассматриваемой задаче необходимо проведение исследовательских работ с использование опытной оснастки. Для опытных работ разработана конструкция комбинированного штампа для вырубки-пробивки (рис. 4). Размеры вырубаемой детали сконструированы в масштабе М 1:10 по отношению к реальной детали с размерами. Размеры рабочих элементов матрицы и пуансона выполнены в соответствии с рекомендациями по изготовлению инструмента для вырубки и пробивки.

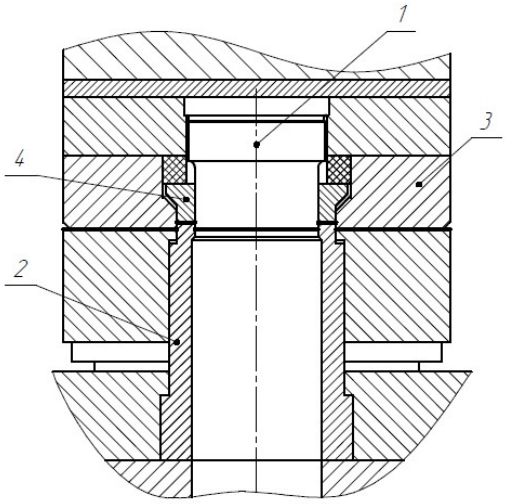


Рис. 4. Схема компоновки рабочих элементов штампа для вырубки-пробивки листа ротора:
1 – пуансон; *2* – пуансон-матрица; *3* – матрица; *4* – съемник

.

Библиографический список

1. **Семенов, Е. И.** Ковка и штамповка [Текст]: Справочник. В 4 т. Т. 4 Листовая штамповка / Е. И. Семенов (пред.) и др. – Под ред. Е.И Семенова: М. Маш. 1985-1987. -544 с.
2. **Романовский, В. П.** Справочник по холодной штамповке [Текст] / В. П. Романовский: 6-е изд., Ленингр. Маш. 1979. -520 с.
3. **Михаленко, Ф.П**. Стойкость разделительных штампов [Текст] / Ф.П. Михаленко: М. Маш. 1976. -208 с.

УДК 004.738.5:070

ГРИШИНА А.А., ЗАЙЦЕВА Е.А.

ПРОДВИЖЕНИЕ САЙТА СРЕДСТВА МАССОВОЙ ИНФОРМАЦИИ В СЕТИ ИНТЕРНЕТ (НА ПРИМЕРЕ САЙТА СМИ «УРБАН МЕДИА»)

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В условиях цифровой трансформации медиа-рынка сайт становится основным инструментом привлечения и удержания аудитории. Для интернет-СМИ, работающих в узкой тематике (недвижимость, городская среда), недостаточно просто публиковать контент – необходима системная стратегия продвижения, включающая SEO, работу с социальными сетями и постоянный анализ эффективности. Цель работы – разработать такую стратегию на примере сайта «Урбан Медиа» (г. Казань).

Анализ показал, что сайт имеет логичную структуру, низкий показатель отказов (12,57%), но уступает конкурентам по объёму трафика (72,6 тыс. посещений/месяц против 336 тыс. у «ГиперНН»). Средняя продолжительность визита – 1 мин 55 с, глубина просмотра – 1,6 страницы, что ниже рекомендуемых значений. Основные проблемы: слабая внутренняя перелинковка, отсутствие блоков рекомендаций, низкая активность в соцсетях.

Для решения выявленных проблем предложены следующие мероприятия:

1) внедрение сайдбара с популярными материалами (увеличение глубины просмотра на 20–35%);
2) использование графических иконок для навигации (ускорение ориентирования на 25–30%);
3) создание системы рекомендаций статей (рост времени на сайте на 15–20%);
4) усиление SEO за счёт внутренней перелинковки (прирост органического трафика на 15–25%);
5) активизация продвижения в VK и Telegram с ежемесячным рекламным бюджетом 50 тыс. руб.

Эффективность предложенных мер подтверждается расчётами: разовые затраты – 80 тыс. руб., ежемесячные – 50 тыс. руб. Ожидаемый результат – рост посещаемости на 25–30%, увеличение глубины просмотра до 2,2–2,5 страниц, снижение отказов.

Таким образом, комплексное улучшение сайта и активное использование цифровых каналов позволят «Урбан Медиа» укрепить позиции в конкурентной среде и нарастить лояльную аудиторию.

Библиографический список

1. Энж Э. SEO – искусство раскрутки сайтов. – М.: БХВ-Петербург, 2022. – 963 с.
2. Севостьянов И.О. SEO для клиента. – М.: Питер, 2021. – 485 с.
3. Сайт СМИ «Урбан Медиа» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://urban-media.ru/ (дата обращения: 11.05.2025).

УДК 55.22.19

ГУСЕВА Ю.Р., БАШКОВ А.А.

ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ ОСЕВОГО РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА БЛАГОДАРЯ ПРИМЕНЕНИЮ МНОГОСЛОЙНЫХ ИЗНОСОСТОЙКИХ PVD-ПОКРЫТИЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Качество режущего инструмента – ключевой фактор эффективности производства в машиностроении. Перспективное направление повышения его износостойкости – нанесение специальных покрытий. Цель статьи – проанализировать виды покрытий, технологию нане-

сения PVD-покрытий и обосновать актуальность поверхностной упрочняющей обработки.

Перечислим методы нанесения износостойких покрытий.

1. CVD (химическое осаждение из газовой фазы): температура 800–1100°C, толщина покрытия до 15 мкм. Подходит для твёрдых сплавов. Модификации: PA-CVD, MPCVD, PECVD. Наносят карбиды, нитриды, оксиды.

2. PVD (физическое осаждение из паровой фазы): температура 400-600∘C, толщина 1-5 мкм. Подходит для быстрорежущих сталей и твёрдых сплавов. Методы: магнетронное распыление, вакуумно-дуговое испарение, ионно-лучевое осаждение. Наносят нитриды, карбонитриды, карбиды и наноструктурированные покрытия.

3. Поверхностное легирование: диффузионное проникновение легирующих элементов в материал основы. Методы – вакуумная ионно-плазменная обработка, электроискровое легирование, лазерное легирование, термодиффузионное насыщение – обеспечивают прочную связь слоя с основой.

Назовем основные виды покрытий.

1. Нитридные (TiN, TiAlN, CrN): твёрдость 2000-3000 HV, термостойкость до 900°C (TiAlN). Подходят для высокоскоростной обработки. Наносят методами PVD (для быстрорежущих сталей) и CVD (для твёрдых сплавов).

2. Карбидные (TiC, WC): высокая твёрдость (2000-3500 HV), сопротивляемость абразивному износу. Используют при прерывистом резании. Основной метод нанесения – CVD.

3. Карбонитридные (TiCN): сочетают твёрдость карбидов и адгезию нитридов. Твёрдость — 3000–3500 HV, низкий коэффициент трения. Применяют для фрезерования, сверления и прерывистого резания. Наносят методом PVD.

4. Многослойные: сочетают преимущества разных материалов. Типичная структура: адгезионный подслой (Ti/TiN), износостойкий слой (TiC/TiCN/TiAlN), верхний слой (Al2O3/TiN). Используют для высокоскоростной обработки жаропрочных сплавов. Методы нанесения: PVD, CVD или их комбинация.

5. Наноструктурированные: ультрамелкозернистая структура (1-100 нм), твёрдость до 5000 HV и выше, низкий коэффициент трения, термостойкость до 1100°C. Оптимальны для обработки труднообрабатываемых материалов. Основной метод – усовершенствованные PVD-технологии.

Технология нанесений PVD-покрытий

Метод PVD осуществляется в условиях высокого вакуума. На поверхность обрабатываемого изделия направляется поток частиц – атомов металлов (титана, алюминия, хрома, кремния и других) и молекул газов (азота, кислорода, этилена). В процессе осаждения атомы металлов вступают в химическую реакцию с молекулами газов, формируя плотные беспористые керамические покрытия. Такие покрытия характеризуются высокой прочностью сцепления с поверхностью изделия и эффективно защищают изделие от износа и коррозии. На рис. 1 представлена структура разработанных PVD-покрытий: (AlTi)N+TiAl; (TiCr)N+TiCr).

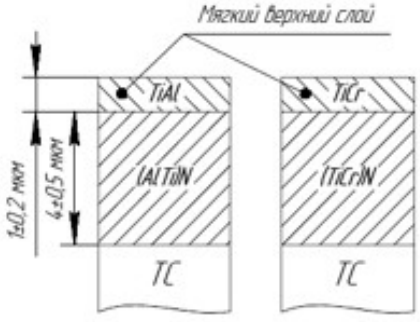


Рис. 1. Структура разработанных PVD-покрытий: (AlTi)N+TiAl; (TiCr)N+TiCr)

При нанесении PVD-покрытий в их структуре могут возникать дефекты: поры, микротрещины, капельная фаза и иные несовершенства. Эти участки становятся концентраторами

напряжений при резании – под действием механических и термических нагрузок здесь инициируется растрескивание и последующее отслоение покрытия, что ускоряет износ инструмента.

Для повышения механической стабильности покрытий применяют тонкую металлическую прослойку (~1 мкм). Она выполняет несколько ключевых функций:

1) заполняет микродефекты (поры, трещины), «залечивая» несовершенства структуры;
2) служит барьером для распространения трещин за счёт разницы механических свойств с основным покрытием;
3) улучшает адгезию между инструментом и покрытием, снижая риск отслоения в процессе эксплуатации.

Испытания концевых фрез и свёрл с покрытиями (AlSiTi)N, (AlTi)N+TiAl и (TiCr)N+TiCr показали: стойкость фрез выше в 1,3-1,95 раза при фрезеровании; стойкость свёрл выше в 1,11–1,78 раза при сверлении (по сравнению с инструментами без покрытий). Результаты испытаний приведены на рис. 2 и 3.

Рисунок 2. Гистограмма стойкости при обработке 12Х18Н10Т фрезой Ø12 мм Ф402-12,0х80х25

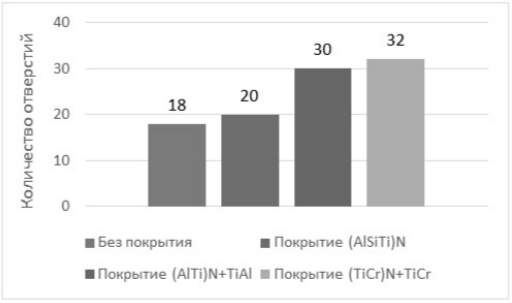


Рисунок 3. Гистограмма стойкости при обработке 12Х18Н10Т сверлом Ø8 мм С202-8,0х95х53

Правильно подобранное покрытие может увеличить период осевых режущих инструментов. Это достигается за счёт комплексного воздействия на ключевые механизмы износа: снижение трения, повышение твёрдости поверхности, улучшение термостойкости и защита от окислительных и диффузионных процессов. В результате сокращается частота замены и переточки инструмента, уменьшаются простои оборудования, снижается себестоимость обработки и повышается качество получаемых поверхностей. Внедрение современных технологий нанесения покрытий позволяет существенно повысить производительность обработки и снизить затраты на инструмент.

Библиографический список

1. Верещака А. С. Работоспособность режущего инструмента с износостойкими покрытиями. — М.: Машиностроение, 1993.
2. Григорьев С. Н., Волосова М. А. Технологии нанесения износостойких покрытий на режущий инструмент. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014.
3. Панов В. С., Волков А. В. Технология обработки конструкционных материалов: учеб. пособие. — М.: Академия, 2012.
4. Зорев Н. Н., Фетисова З. М. Обработка деталей на металлорежущих станках: справочник. — М.: Машиностроение, 2008.
5. Бобров В. И., Грановский Г. И. Резание металлов: учебник для вузов. — М.: Высшая школа, 2007.
6. Латышев В. Н. Трибология резания: монография. — Иваново: ИГЭУ, 2001. — 188 с.
7. Суслов А. Г. Инженерия поверхности деталей: справочник. — М.: Машиностроение, 2008.

УДК621:658.512(083.74)

ЕГОРКИН О.В.,НАЗАРОВА Н.В.

ПРОБЛЕМЫ ИНТЕГРАЦИИ ПРОГРАММНОЙ СПЕЦИФИКАЦИИ В СОСТАВЕ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Цифровое производство накладывает новые требования на конструкторскую документацию. Так, электронные файлы (3D-модели, базы данных и т.д.) становятся главными элементами конструкторской документации. Однако современные средства работы с такими документами и существующие нормативные документы в некоторых аспектах входят в противоречие друг с другом. Противоречие возникает даже между «новыми» и «старыми» нормативными документами.

На основе опыта внедрения электронного документооборота авторами был выявлен ряд противоречий. Так в ГОСТ 19.202 и ГОСТ 19.105 отсутствует понятие таблицы регистрации изменений. Это противоречит ГОСТ 2.503 и затрудняет введение учета изменений программной документации и снижает прослеживаемость корректировок.

Согласно требованиям стандартов ЕСПД программный документ состоит из нескольких структурных частей, среди которых отдельного рассмотрения требует лист утверждения, оформляемый на основании ГОСТ 19.104. Данный лист должен оформляться для каждого программного документа независимо от формы представления информации. При этом стандарт предусматривает включение листа в состав конструкторской спецификации после утвержденного документа. Одновременно лист утверждения также используется в составе программной спецификации. В результате один и тот же документ применяется дважды в рамках одного проекта.

Практические трудности возникают также при заполнении отдельных реквизитов листа утверждения так как возникает вопрос, что именно следует указывать в данном поле: функциональную роль участника разработки или его официальную должность в организации.

Отдельной проблемой является значительный объем документов, который необходимо оформлять для одного программного файла. Так, при включении в состав документации архивного файла формата ZIP требуется оформление программной спецификации, информационно-удостоверяющего листа, а также листа утверждения. При этом практика показывает, что в некоторых случаях оформление дополнительного листа утверждения оказывается избыточной и не влияет на фактическое использование программного файла.

Устранение описанных ранее противоречий на уровне государственных стандартов требует длительного времени и большого числа согласований. Поэтому в качестве оперативных мер на предприятии были разработаны и внедрены внутренние нормативные документы (СТП и инструкции). При этом был четко определен процесс разработки и роли разработчиков в данном процессе по должностям на предприятии. Были определены случаи, когда оформление отдельного листа утверждения для программного файла может быть упрощено или объединено с листом утверждения спецификации. Это позволило сократить время разработки документов и убрать неоднозначность их трактовки.

---

1. Булавин В.Ф., Булавина Т.Г., Яхричев В.В. и др. Цифровой формат подготовки приборостроительного производства. Ч. I. Конструкторский этап. Известия высших учебных заведений. Приборостроение, 2020, т. 63, № 3, с. 242–249, doi: https://doi.org/10.17586/0021-3454-2020-63-3-242-249

УДК 621.7

ЖАРОВА Т.В., СТЕПЫКИН А.В., МАЛЫГИН Л.А., ГОРЮНОВ Н.С., ТУТАНИНА Е.М.

ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ И ПРОТОТИПИРОВАНИИ РАЗРАБОТОК В ХИМИЧЕСКОМ МАШИНОСТРОЕНИИ

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

В химическом машиностроении применяется множество методов изготовления деталей. Технологии включают формовку и литьё, позволяющие получать корпуса аппаратов и фасонные элементы сложной конфигурации, а также изготовление с использованием пайки и сварки при создании опытных образцов и нестандартного оборудования. Однако все эти методы либо требуют дорогостоящей оснастки, либо характеризуются высокой трудоёмкостью при единичном производстве. В последние годы всё большее распространение получают аддитивные технологии. С их помощью возможно изготовление детали методом 3D-печати как готового изделия и использование напечатанной модели в качестве шаблона для последующих отливок металлических изделий [1].

Применение аддитивных технологий при прототипировании позволяет существенно сократить время изготовления детали при единичном производстве и прототипировании. Инженер может оперативно изготовить физическую модель контактного устройства, распределителя жидкости или узла крепления насадки, оценить её гидродинамику и внести необходимые изменения в конструкцию без перезаказа дорогостоящей оснастки. Это особенно актуально для регулярных насадок со сложной геометрией, где традиционные методы производства (экструзия, литьё под давлением) экономически нецелесообразны при мелкосерийном выпуске.

К числу преимуществ аддитивного изготовления следует отнести: высокую скорость создания прототипа, возможность получения геометрически сложных форм, включая внутренние полости и каналы, минимальные затраты на переоснастку при изменении конструкции, а также низкую себестоимость единичного изделия. Главным ограничением является качество поверхности: при использовании обычной FDM-технологии детали получаются с выраженной слоистостью и шероховатостью. Эти проблемы необходимо устранять химическими или механическими методами (шлифовка, полировка, пескоструйная обработка, травление в парах растворителя), что увеличивает трудоёмкость и время постобработки. С другой стороны, шероховатая поверхность может использоваться как преимущество, если требуется хорошее сцепление с поверхностью, например, при нанесении защитных покрытий, приклеивании уплотнителей или формировании биоплёнок в биореакторах. Также к недостаткам относят ограничения по размерам печатаемых деталей, меньшую прочность по сравнению с литыми или сварными конструкциями и, как правило, более низкую термостойкость полимерных отпечатков (рабочая температура до 80-120°С).

Таким образом, применение аддитивные технологий в химическом машиностроении наиболее целесообразно на этапах прототипирования и опытного производства, а также для изготовления вспомогательной оснастки и шаблонов. Особенно эффективна аддитивная технология при изготовлении вспомогательной оснастки, шаблонов для литья и деталей, не подвергающихся высоким механическим и температурным нагрузкам.

---

1. М.А. Зленко, А.А. Попович, И.Н. Мутылина, «Аддитивные технологии в машиностроении», СПбГУ, Санкт Петербург, 2013. – 222 с.

УДК 621.753

ЗИМИНА Е.В., КОЗЛОВ И.А.

ФАКТОРЫ, СДЕРЖИВАЮЩИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ FDM-ПЕЧАТИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Технология FDM широко применяется в прототипировании, однако её внедрению в серийное машиностроение мешает ряд ограничений [1, 2]. Данная статья представляет обзор основных факторов, препятствующих использованию FDM-печати для изготовления ответственных деталей.

Анизотропия механических свойств. Прочность межслойной адгезии значительно уступает прочности вдоль слоёв. Предел прочности FDM-образцов составляет лишь 26-56 % от показателей аналогов, полученных литьем [3]. Межслойная адгезия и образование пор остаются фундаментальными проблемами [4].

Низкая размерная точность и качество поверхности. Послойное формирование приводит к ступенчатости на наклонных поверхностях. При углах наклона менее 53° требуется установка поддержек, увеличивается шероховатость и возникают дефекты несплавления [5]. Высокоскоростная печать сопровождается вибрациями, вызывающими сдвиг слоёв [6].

Ограниченная номенклатура и высокая стоимость материалов. Конструкционные материалы уровня PEEK и PEKK требуют температуры сопла от 360 °C до 400 °C, их стоимость 20 000-70 000 Р/кг [5, 6].

Необходимость постобработки. Затраты на удаление поддержек, шлифовку и полировку могут достигать 60 % от себестоимости детали [6]. Особую сложность представляет обработка внутренних полостей.

Низкая производительность. Печать одной детали средней сложности занимает часы, тогда как литьё на несколько порядков меньше. Это делает технологию экономически нецелесообразной для крупносерийного производства [6].

Отсутствие сертификации. В авиации, автомобилестроении и медицине требуется сертификация материалов и процессов. FDM-технология не обеспечивает необходимой прослеживаемости и повторяемости [6].

Чувствительность к условиям эксплуатации. Изделия из PLA, ABS и PETG подвержены влагопоглощению и потере прочности при повышенных температурах [3]. Это ограничивает их применение в открытой атмосфере и агрессивных средах.

Проведённый анализ позволяет выделить комплекс взаимосвязанных факторов, сдерживающих распространение FDM-печати в машиностроении: анизотропия механических свойств, недостаточная размерная точность и качество поверхности, ограниченная номенклатура и высокая стоимость конструкционных материалов, необходимость постобработки, низкая производительность, недостаточность сертификации, а также чувствительность к условиям эксплуатации. Преодоление указанных ограничений требует дальнейших исследований в области материаловедения, оптимизации режимов печати, разработки методов постобработки и развития нормативной базы.

Библиографический список

1. Зленко, М. А. Аддитивные технологии в машиностроении. — СПб, 2013.
2. Шкуро, А.Е. Технологии и материалы 3D печати. — Екатеринбург, 2017.
3. Kim, E. et al. // Rapid Prototyping Journal. — 2016. — Vol. 22, No. 6.
4. Manufacturing of polymer-based composite material by FDM // Next Materials. — 2026.
5. High-performance 3D printing filament Tullomer // 3Druck.com. — 2024.
6. What are the challenges of 3D printing? // Neway 3D Printing. — 2025.

УДК 621.9.02

КАЗАКОВ А.Г.,ШАТАГИН Д.А., ПЕТРОВ Р.А.

СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ В ОТЕЧЕСТВЕННОМ РЕЖУЩЕМ ИНСТРУМЕНТЕ

НижегородскийгосударственныйтехническийуниверситетимениР.Е.Алексеева

В современных условиях развития машиностроения и реализации политики импортозамещения особую актуальность приобретает создание конкурентоспособного отечественного режущего инструмента. Эффективность процессов механической обработки в значительной степени определяется не отдельными характеристиками инструмента, а совокупностью взаимосвязанных факторов, включающих материал основы, функциональные покрытия, геометрию режущей части, конструктивное исполнение и условия эксплуатации.

Современный подход к разработке режущего инструмента основывается на системной концепции «материал – покрытие – конструкция», позволяющей комплексно учитывать эксплуатационные нагрузки и обеспечивать требуемые показатели стойкости и производительности. Переход к таким решениям обусловлен необходимостью обработки труднообрабатываемых материалов, повышения скоростей резания и увеличения ресурса инструмента.

Одним из ключевых направлений является развитие новых инструментальных материалов. В отечественной практике активно ведутся исследования в области композиционной и функциональной керамики, включая электропроводящие самозалечивающиеся материалы, обладающие способностью восстанавливать структуру при возникновении микротрещин. Значительный интерес представляют сверхтвердые материалы на основе кубического нитрида бора, обеспечивающие высокую производительность при обработке закаленных сталей и жаропрочных сплавов.

Перспективным направлением является разработка экономичных высокоэнтропийных сплавов с повышенными механическими и трибологическими свойствами, а также технологий упрочнения традиционных материалов, включая ионную обработку и введение стабилизирующих добавок. Эти решения позволяют существенно повысить износостойкость инструмента при одновременном снижении его стоимости.

Не менее важную роль играют функциональные покрытия, среди которых особое место занимают многослойные наноструктурированные PVD-покрытия, а также алмазные и алмазоподобные покрытия (DLC). Применение таких покрытий обеспечивает снижение коэффициента трения, повышение теплостойкости и значительное увеличение срока службы инструмента. Развитие гибридных и градиентных покрытий позволяет дополнительно повысить устойчивость инструмента к динамическим нагрузкам.

Конструктивные решения также претерпевают существенные изменения. Разрабатываются модульные и сборные конструкции с регулируемыми параметрами, обеспечивающие повышение универсальности и виброустойчивости инструмента. Широкое распространение получают аддитивные технологии и методы топологической оптимизации, позволяющие создавать инструменты со сложной внутренней геометрией, интегрированными каналами охлаждения и улучшенными динамическими характеристиками.

Таким образом, развитие отечественного режущего инструмента определяется комплексным совершенствованием материалов, покрытий и конструктивных решений, что позволяет формировать конкурентоспособные технологические решения и обеспечивает повышение эффективности машиностроительного производства в условиях современных вызовов.

Библиографический список

1. Попок Н.Н., Хмельницкий Р.С., Анисимов В.С., Башлачёв Д.А. Универсализация вра-

щающихся режущих инструментов на основе унифицированных конструктивных модулей // Вестник Полоцкого государственного университета. – 2025. – № 1(51).
2. Чаевский П.А., Грубый С.В. Структурная оптимизация конструкций твердосплавных инструментов // Известия вузов. Машиностроение. – 2025. – № 1.
3. МГТУ «СТАНКИН». Испытания инструментов нового класса режущей керамики.
4. НГТУ НЭТИ. Композиционные керамические материалы для режущего инструмента.
5. Российский научный фонд. Разработка микроархитектуры алмазных покрытий для режущего инструмента.

УДК 621.9.02

КАЗАКОВ А.Г., ШАТАГИН. Д.А., МИХАЙЛОВ А.М.

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТОПОЛОГИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ В ПРОЕКТИРОВАНИИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В современных условиях развития машиностроительного производства и повышения требований к эффективности процессов обработки резанием особую актуальность приобретает совершенствование методов проектирования режущего инструмента. Рост скоростей резания, усложнение обрабатываемых материалов и повышение требований к качеству обработки обусловливают необходимость перехода к новым подходам, обеспечивающим повышение стойкости и надежности инструмента.

Традиционные технологии изготовления режущего инструмента, основанные на субтрактивной обработке, накладывают ограничения на формирование сложной геометрии и внутренней структуры изделий. В этих условиях аддитивные технологии становятся одним из ключевых направлений развития инструментального производства, позволяя реализовывать конструкции, недоступные при классических методах обработки.

Применение аддитивных технологий, включая селективное лазерное плавление, обеспечивает возможность создания инструментов со сложной внутренней геометрией, включая конформные каналы охлаждения, а также элементы, способствующие снижению вибраций. В частности, использование металл-композитных систем, сочетающих металлическую оболочку и полимерное демпфирующее ядро, позволяет повысить виброустойчивость инструмента и улучшить условия его эксплуатации.

Существенное значение имеет интеграция аддитивных технологий с методами топологической оптимизации, направленными на рациональное распределение материала в конструкции. Применение данных методов позволяет уменьшать массу инструмента, снижать инерционные нагрузки и минимизировать амплитуды колебаний при работе. Это особенно важно для высокоскоростных операций, где вибрации оказывают существенное влияние на стойкость режущих пластин и качество обрабатываемой поверхности.

Дополнительные преимущества достигаются за счет возможности формирования оптимизированной внутренней структуры инструмента, обеспечивающей эффективный теплоотвод и снижение термических напряжений в зоне резания. Это способствует стабилизации процесса обработки и увеличению срока службы инструмента при работе с труднообрабатываемыми материалами.

Развитие аддитивных технологий также связано с возможностью создания заготовок и инструментов из новых материалов, включая керметные порошки и композиционные структуры, получаемые методами плазменно-электролитного синтеза. Это открывает перспективы для формирования инструментов с заранее заданными свойствами и оптимизированной микроструктурой.

Важным преимуществом аддитивных технологий является их высокая гибкость, по-

зволяющая оперативно адаптировать конструкцию инструмента под конкретные производственные задачи. Это особенно актуально в условиях мелкосерийного и индивидуального производства, где требуется быстрое проектирование и изготовление специализированного инструмента.

Таким образом, интеграция аддитивных технологий и методов топологической оптимизации формирует основу для создания режущего инструмента нового поколения, обеспечивающего повышение эксплуатационных характеристик, снижение материалоёмкости и расширение возможностей проектирования в современных условиях машиностроительного производства.

Библиографический список

1. Попок Н.Н., Хмельницкий Р.С., Анисимов В.С., Башлачёв Д.А. Универсализация вращающихся режущих инструментов на основе унифицированных конструктивных модулей // Вестник Полоцкого государственного университета. – 2025. – № 1(51).
2. Чаевский П.А., Грубый С.В. Структурная оптимизация конструкций твердосплавных инструментов // Известия вузов. Машиностроение. – 2025. – № 1.
3. Gibson I., Rosen D., Stucker B. Additive Manufacturing Technologies. – New York: Springer, 2021.
4. Deb K. Optimization for Engineering Design: Algorithms and Examples. – New Delhi: PHI Learning, 2012.

УДК 621.09.02

КЛУОНИС А.С., ПЛОТНИКОВ С.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОНЦЕВЫХ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ФРЕЗ

ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»

В условиях санкционного ограничения доступа к зарубежным средствам производства и ухода компании Guhring с российского рынка перед промышленностью стоит задача обеспечения технологического суверенитета. Согласно Указу Президента РФ от 18.06.2024 № 529, приоритетным направлением является создание отечественных инструментов и материалов с заданными эксплуатационными характеристиками. ВятГУ совместно с АО «Лепсе» разработан аналог концевых твердосплавных фрез, требующий экспериментального подтверждения трибологических свойств в сравнении с оригиналом [1-2].

Цель работы – сравнительный анализ коэффициентов трения, времени приработки и характера износа отечественных фрез (АО «Лепсе») и оригинального инструмента (Guhring). Задачи: определение трибологических характеристик образцов, фиксация времени выхода на устойчивый режим работы, микроскопический анализ механизмов изнашивания.

Испытания проводились на специально разработанном трибометре в условиях сухого трения. Контртело изготавливалось из аустенитной стали 12Х18Н10Т. Осевая нагрузка составляла 200 Н, частота вращения – 500 об/мин. Сила трения регистрировалась тензобалкой и программно преобразовывалась в зависимости $F_{тр}(t)$. Характер износа режущих кромок оценивался на микроскопе МБС-10.

Динамика силы трения для обоих образцов характеризуется нестабильностью на начальной стадии с последующей структурной адаптацией трибосистемы и переходом к нормальному изнашиванию. Фреза АО «Лепсе»: время приработки составило 328 с, сила трения в устойчивом режиме стабилизировалась на уровне 11,8 Н. Фреза Guhring: время приработки – 391 с, установившаяся сила трения – 10,7 Н. Микроскопический анализ выявил преобладание

абразивного механизма износа, проявляющегося в формировании канавок на поверхностях скольжения [3]. У отечественного аналога канавки выражены сильнее, а режущая кромка имеет более существенные повреждения. Различие трибологических параметров обусловлено особенностями вакуумного нанесения покрытий: толщиной износостойкого слоя, процентным соотношением компонентов, уровнем дефектности и адгезией к основе.

Оригинальный инструмент демонстрирует более низкую силу трения в установившемся режиме (10,7 Н против 11,8 Н), что свидетельствует о лучших антифрикционных свойствах заводского покрытия.

Отечественный аналог выходит на устойчивое состояние быстрее (328 с против 391 с), однако сопровождается повышенным трением и интенсивностью абразивного износа.

Библиографическийсписок

1. Plotnikov, S. A. Tribological Properties of Hard Alloy End Mills with Wear-Resistant Coatings / S. A. Plotnikov, A. S. Kluonis // Russian Engineering Research. – 2025. – Vol. 45, No. 9. – P. 1261-1263. – DOI 10.3103/S1068798X2570217X. – EDN QPDKFB.
2. Плотников, С. А. Методика испытаний концевых твердосплавных фрез при осевом нагружении / С. А. Плотников, А. С. Клуонис // Современные проблемы теории машин. – 2024. – № 17. – С. 139-141. – DOI 10.26160/2307-342X-2024-17-139-141. – EDNFOVXYX.
3. Плотников, С. А. Влияние свойств поверхностных покрытий твердосплавных фрез на характеристики контактных процессов / С. А. Плотников, А. С. Клуонис, Д. Г. Сергеев // Металлообработка. – 2025. – № 3(147). – С. 9-15. – EDN LFOAKL.

УДК 004.89

КЛЮКИН О.Е., КАБАЛДИН Ю.Г.

ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК ПРОЦЕССА СТРУЖКООБРАЗОВАНИЯ ПРИ РЕЗАНИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Целью исследования является разработка концепции и структуры цифрового двойника процесса стружкообразования для слежения за стабильностью процесса стружкообразования.

Практическая значимость работы обусловлена в необходимости перехода от традиционных аналитических моделей, не позволяющих учитывать совокупное влияние большого числа параметров на процесс стружкообразования, к принципиально новому подходу на основе технологии цифрового двойника, что открывает возможности для прогнозирования и виртуальной оптимизации обработки.

Проблема исследования состоит в отсутствии точной методологии создания и практической реализации цифрового двойника процесса стружкообразования.

На процесс стружкообразования оказывают влияние множество факторов, такие как геометрия режущего инструмента, параметры режимов резания, свойства обрабатываемого материала. Влиянию этих факторов посвящено множество работ, однако в статье [1] указывается, что на тип стружки большое влияние оказывает тип кристаллической решетки, а именно количество плоскостей скольжения, что позволяет заранее предсказать тип образуемой стружки, как следствие позволяет заранее подобрать более подходящие режимы обработки и режущий инструмент.

На основе работы [2] и результатов измерений частоты при обработке различных материалов при разных режимах обработки была разработана и обучена нейронная сеть позволяющая контролировать процесс стружкообразования путем вычисления частоты стружкообразования. Для внедрения данной технологии на технологическое оборудование необходимо применить дополнительный модуль позволяющий собирать данные с оборудования и

производить расчеты при помощи нейронной сети. Контроль за процессом происходит путем сравнения теоретически вычисленной с помощью нейронной сети частоты стружкообразования с практической, полученной при помощи датчика виброакустической эмиссии (см. рис. 1).

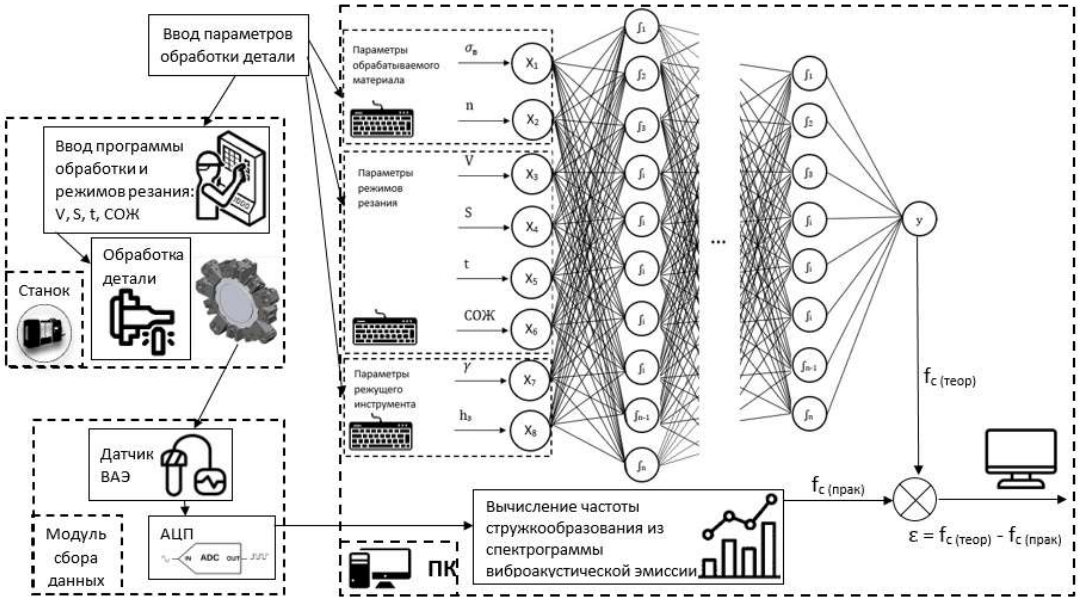


Рис. 1. Схема работы выносного модуля диагностирования процесса стружкообразования

Библиографический список

1. **Кабалдин Ю.Г.**, Кузьмишина А. М. Влияние типа кристаллической решетки на процесс стружкообразования при резании // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2017. № 7 (688). С. 72–80. DOI: 10.18698/0536-1044.2017-7-72-80.
2. **Кабалдин Ю.Г.** Искусственный интеллект, интернет вещей, облачные технологии и цифровые двойники в современном механообрабатывающем производстве: Ю.Г.Кабалдин монография / [и др.]; под. ред. Ю.Г.Кабалдина; Нижегород.гос. техн.ун-т им. Р.Е.Алексеева.- Нижний Новгород, 2019. - 196 с.

УДК 621.9.06

КОВАЛЕВА А.А., ЖЕЛОНКИН М.В., ПОЛЕТАЕВ И.Ю.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ШПИНДЕЛЬНОГО УЗЛА ДЛЯ ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ С ФОРМИРОВАНИЕМ ИТОГОВОГО ОТЧЁТА О ДЕФЕКТАХ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Для обеспечения работоспособности шпиндельных узлов фрезерных станков необходим периодический высокоточный контроль их состояния, однако на сегодняшний день нет отечественных систем для такой диагностики. Предлагается мобильная система диагностики на базе лазерной измерительной скобы [1], которая проводит измерения по запросу без непрерывного мониторинга. Полученные данные с лазерной скобы (радиальное и осевое биение эталонного инструмента, температурный дрейф, вибрация) сохраняются в файлы и передаются в интерпретатор, реализованный на Python с графическим интерфейсом. Система ориентирована на определение степени изношенности шпинделя и раннее выявление развивающихся дефектов.

Анализ выполняется по четырём ступеням. Первая – исторические изменения: отслеживается динамика параметров от измерения к измерению, что позволяет выявить постепенное ухудшение состояния шпинделя. Вторая – эталон станка: сравнение текущих данных с референсными значениями, полученными для исправного станка. Третья – относительные отклонения: вычисляется отклонение сырых данных от линии тренда, построенной для каждого графика. Четвёртая – абсолютные отклонения: сравнение с заданными пороговыми значениями (предел предупреждения и предел аварии).

Разработанный графический интерфейс позволяет анализировать зависимости радиального и осевого биения эталонного инструмента от скорости вращения шпинделя. На полученных графиках отображаются сырые данные в виде измерительной линии; резонансные явления в моторе шпинделя приводят к росту биения на определённых оборотах, что фиксируется как превышение допуска. Для стабильности длины инструмента показывается изменение положения кончика инструмента при нагреве, что позволяет определить оптимальное время прогрева станка. Для каждого графика строится линия тренда, после чего численно вычисляются относительные отклонения сырых данных от этой линии, а также абсолютные отклонения от установленных порогов. Для оценки вибраций на заданных оборотах строится полярный график на основе измеренных амплитуд и фаз с полиномиальной аппроксимацией, наглядно показывающий отклонения от идеальной окружности и концентричности.

При выходе параметров за допустимые пределы система формирует итоговый отчёт с цветовым индикатором состояния шпинделя (0-100%) и перечнем выявленных дефектов: загрязнение конуса, дисбаланс, несоосность, люфты, дефекты подшипников (начальная стадия или развивающийся), аномалии терморежима. Описание каждого дефекта генерируется автоматически, что позволяет оценить степень изношенности и своевременно принять меры. Интерпретатор протестирован на экспериментальных данных.

Дальнейший этап – создание вычислительного блока на отечественной элементной базе. Разрабатываемая система полностью ориентирована на задачи импортозамещения в станкостроении, обеспечивая предотвращение аварий за счёт раннего анализа отклонений и контроля износа.

---

1. Blum-Novotest GmbH. Laser measuring system LC50-DIGILOG [Электронныйресурс]. – URL: https://www.blum-novotest.com (датаобращения: 10.04.2026).

УДК 621.753

КОЗЛОВ И.А., ЗИМИНА Е.В.

ВЛИЯНИЕ ПОРЯДКА ПЕЧАТИ ПЕРИМЕТРОВ НА РАЗМЕРНУЮ ТОЧНОСТЬ FDM-ИЗДЕЛИЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Современное аддитивное производство предъявляет высокие требования к точности изготавливаемых деталей. Технология FDM, несмотря на свою распространённость, имеет ряд ограничений, среди которых особое место занимает недостаточная размерная точность получаемых изделий [1, 2].

Одним из ключевых параметров, определяющих точность размеров детали, является очерёдность печати периметров. В slicer-программах доступны следующие режимы: «Изнутри наружу», «Снаружи внутрь» и «Навстречу» [3]. При печати «Изнутри наружу» внешний периметр формируется поверх внутренних, что улучшает качество нависающих элементов, но приводит к деформации поверхности. Режим «Снаружи внутрь» обеспечивает высокую точ-

ность, так как периметр печатается без контакта с внутренними стенками, но при этом снижается прочность. Наиболее совершенным считается режим «Навстречу»: сначала печатаются крайние внутренние периметры, затем внешний, и в завершение – оставшийся внутренний. Такая стратегия обеспечивает стабилизацию потока материала и наилучшее сочетание размерной точности и качества поверхности [3].

Целью исследования является определение влияния порядка печати периметров на размерную точность отверстий FDM-изделий. Объект исследования: три втулки с номинальным диаметром отверстия 60 мм и высотой 41 мм, изготовленные с разными режимами очерёдности периметров.

Процесс изготовления образцов включал этапы: проектирование 3D-модели; «нарезку»; печать изделия на 3D-принтере Flashforge Adventurer 5M. Материал PETG, температура 255 °C, скорость 200 мм/с, высота слоя 0,2 мм, количество периметров – 3.

Методика исследования заключалась в измерении диаметра отверстия втулки индикаторным нутромером. Для каждого образца выполнено шесть измерений.

Результаты измерений показали: средние отклонения диаметра составили 0,06 мм (разброс +0,02…+0,08 мм) для режима «Изнутри наружу», 0,03 мм (+0,01…+0,07 мм) для «Снаружи внутрь» и 0,030 мм (+0,01…+0,05 мм) для режима «Навстречу».

Таким образом, наименьшее среднее отклонение размера (0,030 мм) и наивысшая стабильность формообразования (размах 0,04 мм) обеспечивает режим «Навстречу». Режим «Снаружи внутрь» показал меньшую стабильность. Наибольшее среднее отклонение и разброс значений зафиксированы для режима «Изнутри наружу», что объясняется деформацией внешнего периметра при его осаждении поверх внутренних слоёв.

В результате исследования установлено, что порядок печати периметров оказывает существенное влияние на размерную точность отверстий FDM-изделий. Режим «Навстречу» обеспечивает наилучшую точность и стабильность размеров, что делает его предпочтительным при изготовлении деталей, требующих высокой геометрической точности.

Таким образом, для обеспечения максимальной размерной точности FDM-изделий при наличии трёх и более периметров следует выбирать режим печати «Навстречу». Расположение детали на столе и прочие параметры печати при этом назначаются исходя из служебного назначения изделия и требований к его эксплуатационным характеристикам.

Библиографический список

1. Зленко, М. А. Аддитивные технологии в машиностроении. — Санкт-Петербург: НАМИ, 2013. — 221 с.
2. Шкуро, А.Е. Технологии и материалы 3D печати / Кривоногов П.С. — Екатеринбург, 2017. — 101 с.
3. OrcaSlicer Wiki. Quality settings: wall and surfaces. — URL: https://github.com/OrcaSlicer/OrcaSlicer/wiki/quality_settings_wall_and_surfaces (датаобращения: 16.04.2026).

УДК 621.791.927

КОРОТКИХ П.С., ПАХОМОВ Д.С.

РЕМОНТ ЛИСТОВЫХ ДЕТАЛЕЙ МЕТОДОМ НАПЛАВКИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Современное машиностроение и ремонтное производство находятся в стадии активного перехода от традиционных субтрактивных и ручных методов обработки к аддитивным технологиям. Аддитивное производство – это процесс создания физического объекта по элек-

тронной геометрической модели путём послойного добавления материала. Данный подход позволяет не только изготавливать новые детали сложной геометрии, но и кардинально менять технологии ремонта и восстановления изношенных узлов [1, с. 45]. Особую актуальность приобретает гибридная технология, объединяющая классическую наплавку с цифровыми методами 3D-печати металлом.

Традиционные методы ремонта сваркой и наплавкой (ручная дуговая, вибродуговая, автоматическая под флюсом, в среде защитных газов), безусловно, остаются базовыми для восстановления геометрии деталей. Однако они имеют ряд ограничений, связанных со значительными остаточными деформациями, припусками под последующую мехобработку и высокой зависимостью от квалификации сварщика. Интеграция в этот процесс 3D-технологий позволяет преодолеть данные ограничения, реализуя ремонт по цифровой цепочке: «3D-сканирование – CAD/CAM-преобразование – роботизированная наплавка (3D-печать)». По мнению ряда авторов, аддитивные методы восстановления отличаются повышенной точностью и позволяют существенно сократить объём финишной механической обработки [2, с. 78].

Процесс ремонта детали в данной парадигме выстраивается в следующем порядке.

1. 3D-сканирование поврежденной детали. Данный этап позволяет получить точную цифровую модель (CAD-файл) реального состояния объекта, включая зоны износа, сколы и трещины. Это исключает ошибки позиционирования и даёт исходные данные для расчёта объёма наплавляемого слоя. Использование подобных цифровых инструментов является неотъемлемой частью организации современного ремонтного производства [3, с. 156].

2. Преобразование данных сканирования и программирование. На базе ПО происходит наложение полученного скана на эталонную 3D-модель детали для определения разницы объёмов. Далее генерируется управляющая программа для 3D-принтера. Применение аддитивных технологий открывает широкие перспективы для импортозамещения и ремонта сложных агрегатов в условиях санкционных ограничений [4, с. 48].

3. Восстановление геометрии на 3D-принтере (наплавка). 3Д-принтеры работают по принципу послойного выращивания с использованием металлического порошка или проволоки. В отличие от ручных методов, здесь обеспечивается минимальное проплавление основного металла и точный контроль подачи материала. Это соответствует ключевым требованиям к наплавке: минимизация остаточных напряжений и снижение припусков на последующую обработку. В ряде исследований подчёркивается высокая экономическая эффективность WAAM-технологий (проволочной наплавки) при восстановлении крупногабаритных деталей [5, с. 241].

Таким образом, ремонт методом 3D-наплавки на основе данных 3D-сканирования является логичным новым витком развития. Он отвечает стратегическим задачам машиностроения: объединение традиционных методов обработки с нетрадиционными, повышение точности восстановления, импортозамещение в области сложного ремонта и снижение зависимости от человеческого фактора. Данный подход особенно актуален для ремонта дорогостоящих корпусных деталей, валов и элементов пресс-форм, когда экономически нецелесообразно изготавливать новую деталь, а требования к точности исключают ручную доводку.

Библиографический список

1. Толочко, Н. К. Аддитивные технологии в производстве и ремонте машин : учебное пособие / Н. К. Толочко, С. О. Нукешев, Н. Н. Романюк, С. И. Мендалиева. – Нур-Султан : КАТУ им. С. Сейфуллина, 2022. – 184 с.

2. Толочко, Н. К. Аддитивные технологии в ремонтном производстве / Н. К. Толочко, Н. Н. Романюк, О. В. Сокол // Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК – Минск : БГАТУ, 2018. – С. 76-82.

3. Митрохин, Н. Н. Современные технологии и организация ремонта автомобилей : учебник / Н. Н. Митрохин, А. П. Павлов. – Москва :КноРус, 2025. – 312 с.

4. Кровопусков, Е. А. К вопросу об аддитивных технологиях в машиностроении / Е. А.

Кровопусков, П. А. Кровопусков // Проблемы и перспективы развития современного машиностроения : Сборник статей международной научной конференции – Липецк : ЛГТУ, 2024. – С. 46-51.
5. Альтернативные технологии изготовления и восстановления деталей автомобилей / Мценский филиал Орловского государственного университета им. И.С. Тургенева // Материалы конференции. – 2025. – С. 238-244.

УДК 006.92

КУЗНЕЦОВА Е.С.

ВОЗМОЖНОСТИ КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ И ВИДЕОИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ МАШИН В ПРАКТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ СТУДЕНТОВ И ВЫПОЛНЕНИИ ХОЗДОГОВОРНЫХ РАБОТ (НА ПРИМЕРЕ NVM II-3020CN И NCMM-050604 NORGAU)

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Актуальность работы обусловлена необходимостью внедрения в образовательный процесс университета методов высокоточного цифрового контроля, соответствующих стандартам Индустрии 4.0. Поставка в новую лабораторию Центра развития промышленной робототехники координатно-измерительной и видеоизмерительной машин создаёт прецедент для отказа от устаревающих ручных методов измерений и контроля и перехода к автоматизированным системам измерения геометрических параметров деталей. До настоящего момента практическая подготовка студентов машиностроительных специальностей в НГТУ им. Р.Е. Алексеева была ограничена использованием преимущественно ручного инструмента и устаревших оптических приборов, что не отвечает требованиям современных производств. Поставка в рамках партнёрского договора с компанией Norgau координатно-измерительной и видеоизмерительной машины с программным управлением создаёт базу для модернизации учебного процесса.

Целями настоящей работы являются демонстрация потенциала нового оборудования (NCMM-050604 NORGAU (КИМ) и NVM II-3020CNC NORGAU (ВИМ)) для трансформации учебного процесса и выхода на новый уровень взаимодействия с индустрией, определение перечня учебных дисциплин, в которых возможно применение этих машин, а также обоснование возможностей выполнения хоздоговорных работ для сторонних заказчиков.

Имея в арсенале Центра развития промышленной робототехники новые КИМ и ВИМ, вуз получает мощный инструмент для практико-ориентированного обучения. Новое оборудование может и должно быть интегрировано в образовательный процесс. Так, в рамках дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация» оно способствует наглядному изучению погрешностей и обучению современным методам контроля. В курсе «Технология машиностроения» оборудование позволяет организовать входной и выходной контроль деталей, контроль оснастки и пресс-форм. При обучении студентов по направлению «Управление качеством» стало возможным применение результатов реальных измерений и данных для статистического анализа и управления производственными процессами. [3]

Наличие современного измерительного оборудования превращает вуз и лабораторию Центра в потенциальных партнеров для местных предприятий и открывает возможности для хоздоговорной деятельности. В числе услуг, которые можно предложить локальным предприятиям и фирмам: входной контроль комплектующих (проверка закупаемых деталей на соответствие чертежам), выходной контроль партий готовой продукции, особенно сложной геометрии (проверка соосности, симметричности и перпендикулярности), аттестация производственного оборудования (периодическая проверка станков с ЧПУ на геометрическую точность), выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по зака-

зам предприятий, а также услуги по калибровке рабочих эталонов заказчиков [1]. В качестве заказчиков могут выступать местные машино- и приборостроительные предприятия, у которых нет собственных современных КИМ/ВИМ, небольшие инжиниринговые компании и стартапы, для которых покупка собственной КИМ экономически нецелесообразна, предприятия ОПК, предъявляющие повышенные требования к точности, а также другие кафедры и научные лаборатории вуза. [2, 3]

Таким образом, внедрение видеоизмерительной и координатно-измерительной машины в учебный процесс НГТУ им. Р.Е. Алексеева позволяет модернизировать содержание ряда базовых дисциплин машиностроительного профиля, сформировать у студентов актуальные компетенции в области цифрового контроля, востребованные на высокотехнологичных предприятиях, и создать на базе Центра развития промышленного роботостроения источник внебюджетного финансирования за счёт выполнения хоздоговорных услуг. Оборудование становится не только средством обучения, но и ресурсом для интеграции науки, образования и реального сектора экономики региона.

Библиографический список

1. Измерения на координатно-измерительных машинах и работа на видеоизмерительном микроскопе [Электронный ресурс] — Режим доступа: https://by.norgau.com/blog/news/osvoyte-izmereniya-na-kim-i-rabotu-na-videoizmeritelnom-mikroskope/—(Дата обращения 10.04.2026)
2. Системы видеоизмерительные NORGAU — Полная Информация из справочника ФГИС «АРШИН» (ФГИС Росстандарта) [Электронный ресурс] — Режим доступа: https://vgosreestre.ru/sistemy-videoizmeritelnye-norgau-15520—(Дата обращения 15.04.2026)
3. Новые решения для метрологии в условиях импортозамещения [Электронный ресурс] — Режим доступа: https://norgau.com/blog/news/novye-resheniya-dlya-metrologii-v-usloviyakhimportozameshcheniya/—(Дата обращения 15.04.2026)

УДК 621.7, 372.862

ЛАШМАНОВА А.М., СОКОЛОВ В.А., СТАРОСТИНА О.Н.

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТОРА, ПРИМЕНЯЕМОГО В РАМКАХ ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН», С ПОМОЩЬЮ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р. Е. Алексеева

Использование разработанного конструктора меняет подход к изучению дисциплины «Теория механизмов и машин», переводя его из области отвлечённых математических расчётов в сферу практического инженерного прототипирования. В рамках данной работы были интегрированы знания из различных технических дисциплин: от классического черчения и проектирования деталей в САПР до современных аддитивных технологий и подбора оптимальных режимов 3D-печати. Такой комплексный подход позволяет будущим инженерам выработать ключевой навык – умение устанавливать прямую связь между физическим объектом (конструктором, реализующим определённую кинематическую схему) и его математической моделью, что является фундаментальной компетенцией в современном машиностроении.

Ключевой задачей исследования стала экспериментальная проверка работоспособности предложенных механизмов. Для этого был разработан следующий алгоритм: студент самостоятельно собирает механизм по заданной схеме, выполняет поворот кривошипа на определённый угол, фиксирует выходные параметры и сопоставляет полученные данные с результа-

тами теоретического кинематического анализа. Не менее важной задачей являлось изготовление самого конструктора. Все рабочие чертежи деталей были выполнены в системе КОМПАС-3D, после чего на их основе создавались трёхмерные модели. В качестве технологии производства была выбрана FDM-печать с использованием PLA-пластика от компании REC. Конструктор представляет собой модульную систему, состоящую из набора звеньев различной длины, которые соединяются с основанием посредством технологических отверстий и штырей (см. рис.1).

Рис. 1. Общий вид модели

Для данного изделия был сформирован полный комплект конструкторской документации, включающий чертежи всех деталей, основания и крепёжных элементов. По этой документации производилась печать на принтере Bambu Lab X1 Carbon Combo с использованием материалов ABS (чёрный, белый) от REC и предварительно подобранными режимами печати.

Этапы разработки конструктора:

- создание чертежей в КОМПАС-3D (Формирование навыков, предусмотренных дисциплиной «Инженерная графика»);
- разработка 3D-модели для печати (Трансформация абстрактных чертежей в наглядные цифровые прототипы);
- FDM-печать (Быстрое и экономичное изготовление уникальных деталей под конкретные учебные задачи; связь с дисциплиной «Аддитивные технологии»).

С точки зрения методологии проектирования, внедрение такого подхода позволяет решить фундаментальную проблему верификации теоретических моделей, обеспечивая наглядность и практическую значимость учебного процесса.

УДК 621.651

ЛИХАЧЁВ М.А., ХРУНКОВ С.Н.

ОГРАНИЧЕНИЯ БЫСТРОХОДНОСТИ ПОРШНЕВЫХ НАСОСОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Поршневые насосы относятся к числу объемных насосов, в которых перемещение жидкости осуществляется путем ее вытеснения из неподвижных рабочих камер вытеснителями. Повышение быстроходности поршневых насосов судовых энергетических установок ограничено кавитацией на всасывании. Цель работы – определение доминирующего ограничения быстроходности триплунжерного насоса (D=40 мм, S=80 мм) расчётным путём. Методика расчёта производится по трём критериям – средняя скорость поршня (кавитация), максимальное ускорение в кривошипно-шатунном механизме, кавитационный запас. Сводные расчетные данные представлены в табл. 1-2.

Таблица 1

Исходные параметры насоса

Параметр	Обозначение	Значение
Диаметр плунжера	D, мм	40
Ход плунжера	S, мм	80
Число плунжеров	z	3
Давление на всасывании	Рвх, МПа	0,1
Давление насыщеных паров	Рнп, МПа	0,00234

Таблица 2

Расчетные предельные частоты вращения

Критерий	Формула	Предел, об/мин
Средняя скорость поршня[Vcp]=1,2 м/с	$n = \frac{60[V_{ср}]}{2S}$[1]	450
Макс. ускорение [a]=600 м/с²	$n = \sqrt{\frac{1800a}{\pi^2 S(1+\lambda)}}$ [2] где λ=R/L – отношение радиуса кривошипа к длине шатуна. Радиус кривошипа R=S/2.	1050
Стандартный ряд частот по ГОСТ	–	378 ÷ 480 [3]

Установлено, что при существующей геометрии проточной части и заданном давлении на всасывании, предельная частота вращения исследуемого насоса не должна превышать 450 об/мин.

Определяющим фактором является условие бескавитационной работы, оцениваемое через среднюю скорость поршня. Механические ограничения (ускорения) являются вторичными и допускают работу на более высоких частотах.

Полученное расчетное значение коррелирует со стандартным рядом частот, указывая на необходимость выбора частоты 378 об/мин для предотвращения кавитации.

Библиографический список

1. Методические указания к практическим занятиям по гидравлике. – ДГТУ. – Режим доступа: https://de.donstu.ru (дата обращения: 17.02.2026).
2. Расчет кинематики и динамики кривошипно-шатунного механизма двигателя внутреннего сгорания: методические указания к выполнению расчетно-графической работы / сост. **А. В. Губарев.** – Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. – 40 с.
3. ГОСТ 14059-68. Насосы поршневые. Ряды основных параметров. – М.: Издательство стандартов, 1968. – 4 с.

УДК 629.3

ЛОБАНОВ Е.С., ФЕДОСОВА Л.О., ЗОЛОТОВ А. В.

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ РАСХОДА СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ ЖИДКОСТЕЙ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ) являются одним из ключевых ресурсов в процессах металлообработки, оказывая существенное влияние на себестоимость продукции, эффективность технологических операций и экологическую нагрузку предприятия. В современных производственных условиях значительная часть предприятий продолжает использо-

вать ручные методы учета расхода СОЖ, что приводит к возникновению неточностей, перерасходу ресурсов и недостаточной прозрачности затрат. Проведенный анализ предметной области показывает, что перерасход СОЖ может достигать 15–25 % вследствие несвоевременных доливок, отсутствия централизованного контроля и низкой точности учета. В связи с этим разработка автоматизированной системы контроля расхода СОЖ представляет собой актуальную научно-техническую задачу, направленную на повышение эффективности управления производственными ресурсами.

Расход СОЖ формируется под воздействием ряда факторов, включая доливки в технологическое оборудование, испарение и утечки, унос жидкости с обрабатываемыми деталями, а также операции обслуживания и очистки. При этом основными проблемами учета являются отсутствие централизованной системы сбора данных, использование ручного ввода с высокой вероятностью ошибок, невозможность детального анализа потребления по отдельным участкам и единицам оборудования, а также отсутствие инструментов прогнозирования. В традиционной практике учет расхода осуществляется на основе сменных журналов, данных складского учета и приблизительных оценок, что не позволяет эффективно управлять затратами и оптимизировать использование СОЖ.

В рамках данной работы предлагается система контроля расхода СОЖ, реализованная в виде модуля цифровой платформы «Система СОЖ» и интегрированная с другими подсистемами, такими как мониторинг состояния жидкостей, управление закупками и лабораторный контроль. Архитектура системы основана на модульном подходе и включает подсистему сбора данных, обеспечивающую регистрацию операций доливки как в автоматическом режиме с использованием специализированных станций и датчиков, так и посредством ручного ввода через веб-интерфейс. Собранные данные сохраняются в базе данных с привязкой к оборудованию, производственным участкам и маркам СОЖ, что обеспечивает возможность последующего анализа.

Обработка информации осуществляется с использованием механизмов агрегации, позволяющих группировать данные по различным уровням, включая отдельные станки, участки, цеха и предприятие в целом. На основе агрегированных данных аналитический модуль выполняет расчет текущего и среднего расхода, а также выявление аномалий, свидетельствующих о неэффективном использовании ресурсов или наличии технологических проблем. Результаты анализа представляются пользователю в виде отчетов, графиков и дашбордов, обеспечивая наглядность и удобство восприятия информации.

Функциональные возможности системы включают учет данных о расходе СОЖ с различной периодичностью – от сменной до годовой, что позволяет получать как оперативную, так и стратегическую информацию. Формируемые системой отчеты обеспечивают группировку данных по маркам СОЖ, производственным подразделениям и предприятию в целом, что дает возможность выявлять наиболее затратные участки, анализировать эффективность использования ресурсов и сопоставлять фактические показатели с плановыми.

Одной из ключевых функций является прогнозирование потребления СОЖ, основанное на анализе исторических данных и применении методов аппроксимации среднего расхода. Прогноз формируется на краткосрочный период до двух месяцев, что позволяет заранее планировать закупки и оптимизировать складские запасы. Дополнительно система реализует контроль остатков, отслеживая текущий уровень запасов, средний расход и предполагаемую дату их исчерпания. Это обеспечивает своевременное формирование заявок на поставку и предотвращение дефицита.

Важным аспектом является поддержка принятия управленческих решений, реализуемая посредством формирования рекомендаций по объему закупок, оптимизации расхода и корректировке нормативов. Система также включает элементы интеллектуальной аналитики, позволяющие выявлять аномальные значения расхода, прогнозировать потребление и оценивать совокупную стоимость владения СОЖ. При этом учитываются затраты на закупку, эксплуатацию, обслуживание и утилизацию, что обеспечивает комплексный подход к управлению ресурсами предприятия.

Внедрение разработанной системы позволяет достичь значительного экономического эффекта за счет снижения перерасхода СОЖ на 15-25 %, повышения точности учета, сокращения затрат на закупку и уменьшения складских излишков. Дополнительными преимуществами являются снижение простоев оборудования и улучшение качества планирования производственных процессов. Повышение прозрачности затрат способствует более обоснованному принятию управленческих решений и оптимизации ресурсной политики предприятия.

Предложенная система может быть эффективно внедрена на машиностроительных, автомобильных и аэрокосмических предприятиях, а также на производствах с большим парком оборудования, превышающим 50 единиц. Особую актуальность она приобретает для предприятий с высоким уровнем потребления СОЖ, достигающим значительных объемов в сутки, где традиционные методы учета становятся недостаточно эффективными.

Разработанная система контроля расхода СОЖ обеспечивает переход от фрагментарного и неточного учета к комплексному управлению производственными ресурсами. Использование автоматизированного сбора данных, аналитических инструментов и методов прогнозирования способствует повышению эффективности производства и снижению затрат. Интеграция системы в единую цифровую платформу создает основу для дальнейшего развития интеллектуальных систем управления и реализации концепции «Индустрии 4.0»

Библиографический список

1. Технологические жидкости в машиностроении / под ред. В. А. Соколова. — М.: Машиностроение, 2020. — 320 с.
2. Кузнецов А. Н., Лебедев И. В. Смазочно-охлаждающие жидкости: свойства, применение, контроль. — СПб.: Политехника, 2019. — 256 с.
3. Иванов П. С. Методы контроля технологических жидкостей в промышленности // Вестник машиностроения. — 2021. — № 7. — С. 45–52.
4. Петров Д. А., Смирнова Е. В. Цифровизация производственных процессов в машиностроении. — М.: Инфра-М, 2022. — 280 с.
5. Основы Индустрии 4.0: учебное пособие / под ред. Н. В. Орлова. — М.: Юрайт, 2021.— 210 с.
6. ISO 6743-7:2017. Lubricants, industrial oils and related products — Classification.
7. ГОСТ 28549.2-90. Жидкости смазочно-охлаждающие. Методы определения pH.
8. ГОСТ 12.3.025-80. Обработка металлов резанием. Требования безопасности.

УДК 66.048.3

МАЛЫГИН Л.А., ГОРЮНОВ Н.С., БУХАРОВ Д.М., СТЕПЫКИН А.В.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УСТАНОВОК ПЕРИОДИЧЕСКОЙ РЕКТИФИКАЦИИ ПРИ ИССЛЕДОВАНИЯХ КОНТАКТНЫХ УСТРОЙСТВ

Дзержинский политехнический институт (филиал)НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Ректификация является одним из ключевых процессов химической технологии, а эффективность разделения смесей напрямую зависит от конструкции контактных устройств-тарелок и насадок. Перспективным направлением считается интеграция теплообменных элементов непосредственно в объём колонны, что особенно важно для термолабильных смесей и при реконструкции действующих установок [1]. Однако отработка новых устройств требует экспериментальных исследований, и возникает вопрос о выборе типа оборудования: непрерывного или периодического.

Непрерывная ректификация представляет собой стационарный процесс с постоянной подачей сырья и отбором продуктов, но требует сложного аппаратурного оформления. Периодическая ректификация, напротив, является нестационарным процессом с единовременной загрузкой куба и фракционным отбором дистиллята. Несмотря на эту нестационарность, именно периодические установки обладают важными преимуществами для лабораторных исследований: они проще и дешевле, позволяют работать с малыми количествами веществ, обеспечивают быструю смену контактных устройств и типов смесей, а также дают возможность изучать динамические характеристики при изменении нагрузок [2].

Отдельного внимания заслуживают встроенные теплообменные устройства, которые могут быть выполнены в виде внутренних трубчатых пучков, рубашек на отдельных участках колонны или пластинчатых теплообменников. Они позволяют снизить теплопотери, стабилизировать температурный профиль по высоте колонны, увеличить производительность действующего оборудования без замены внешних куба и дефлегматора, а также гасить температурные пульсации. Особенно актуально применение таких устройств при работе с термолабильными смесями, где даже небольшой локальный перегрев может привести к разложению целевых компонентов [3]. Разработка и оптимизация встроенных теплообменников невозможна без тщательных экспериментальных исследований, и здесь периодические колонны вновь оказываются предпочтительным инструментом благодаря своей гибкости и оперативности переналадки.

Таким образом, несмотря на присущую нестационарность, установки периодической ректификации представляют собой эффективный и экономически оправданный инструмент для экспериментального исследования контактных устройств, включая перспективные конструкции со встроенными теплообменными элементами. В силу сложности реализации непрерывного процесса в лабораторных условиях периодическая ректификация остаётся приоритетным подходом для большинства научно-исследовательских задач в области создания новых контактных и теплообменных устройств.

Библиографический список

1. Коган В.Б., Фридман В.М., Кафаров В.В. Равновесие между жидкостью и паром. М.: Наука, 1966.–786 с.
2. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 2002.–400 с.
3. Рид Р., Праусниц Дж., Шервуд Т. Свойства газов и жидкостей. Л.: Химия, 1982.–592 с.

УДК 681.5

МЕДВЕДИЦЫНА Н.В., ХОХЛОВ С.В., ФЕДОСОВА Л.О.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА С ПОМОЩЬЮ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева

Текущие технологические процессы сопровождаются использованием большого количества станков, роботов и различного вспомогательного оборудования. Для отладки взаимодействия оборудования необходимо четко и ясно понимать концепцию технологического процесса, характеристики и возможности используемой техники. Тем не менее, имея лишь перечень оборудования и зная этапы производства, подбор параметров производственных станков и роботов является сложной задачей, потому что невозможно без расчетов заранее предусмотреть внештатные ситуации и выявить узкие места.

Современные производства решают такие задачи с использованием систем автоматизированного проектирования. Для оптимального размещения станков и оборудования на

производственном участке и эффективного перемещения заготовки по технологической цепи можно использовать среду автоматизированного проектирования КОМПАС-3Д. Она также позволяет выявить и исключить коллизии, а также рассмотреть и определить правильные траектории движения роботов. Это особенно важно для «темных фабрик» – полностью автоматизированных производств, где задействованы роботы, искусственный интеллект [1]. Подобную концепцию активно внедряют в Центре развития промышленной робототехники (ЦРПР) на базе НГТУ им. Р.Е. Алексеева, где взаимодействие оборудования (конвейерная линия, станки, коллаборативные роботы) и перемещение деталей реализовано с помощью автономных мобильных роботов и роботов-манипуляторов (рис. 1).

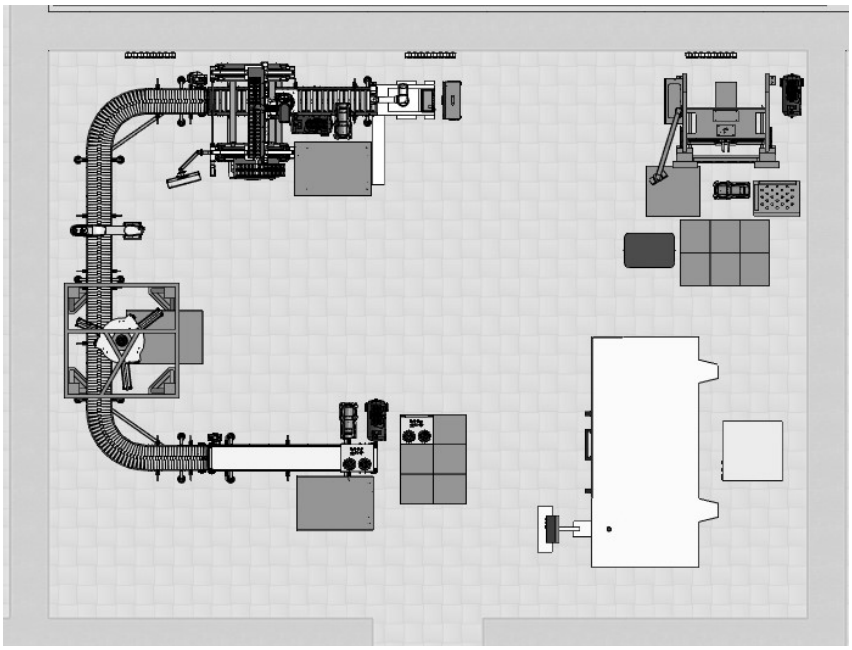


Рис. 1. Участок ЦРПР

Для расчета параметров технологического процесса используются имитационные модели, в которых каждая единица оборудования представлена в виде определенного блока и имеет набор свойств и характеристик. Подобные имитационные модели можно создавать в программном обеспечении для имитационного моделирования AnyLogic [2]. Удобно использовать имитационную модель для верификации технологического процесса перед его запуском на производстве. AnyLogic позволяет рассчитывать производительность и другие параметры производственного процесса, учитывая внештатные ситуации, а также проводить эксперименты, задавая разное количество единиц оборудования, его параметры. Имитационная модель дает возможность рассмотреть процесс переналадки оборудования под другую номенклатуру, тем самым позволяя учесть все риски и избежать ошибок при реальном процессе переналадки.

Библиографический список

1. Интересный факт! Что такое «темные фабрики» и почему это будущее производства: [Электронный ресурс] // Режим доступа: https://www.techinsider.ru/popmem/1680425-interesnyi-fakt-chto-takoe-temnye-fabriki-i-pochemu-eto-budushchee-proizvodstva/ (дата обращения: 10.04.2026).
2. **Боев, В. Д.** Имитационное моделирование в среде AnyLogic : учебное пособие для академического бакалавриата / В. Д. Боев. — Москва :Юрайт, 2019. — 298 с. — ISBN 978-5-534-00580-2.

УДК 621.9

МИХАЙЛОВ А.М., ЖИГАЛОВА Д.А., ПОДДОСКИН И.П.

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЕКТА В ПРОИЗВОДСТВЕ В УСЛОВИЯХ ИНДУСТРИИ 4.0

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Искусственный интеллект является одним из клевых аспектов Индустрии 4.0, и его внедрение в производство обладает колоссальным экономическим потенциалом: к 2028 году ежегодный вклад ИИ в экономику России может составить 4,2-6,9 трлн рублей [1]. В реферате систематизированы основные направления применения ИИ в производственном цикле.

При проектировании генеративный ИИ по заданным параметрам создаёт оптимизированные 3D-модели, что ускоряет вывод продуктов на рынок в среднем на 5% и повышает продуктивность инженеров на 40% [2]. В сфере предиктивной диагностики нейросети анализируют данные с датчиков (вибрация, температура, давление) для прогнозирования износа оборудования, что позволяет снизить затраты на обслуживание на 18–25% и повысить готовность оборудования к эксплуатации на 5–15% [1].

При контроле качества системы компьютерного зрения автоматически обнаруживают микроскопические дефекты в реальном времени, сокращая долю брака до 1% на некоторых производствах [3]. Цифровые двойники – виртуальные копии процессов – позволяют моделировать сценарии, выявлять узкие места и оптимизировать энергопотребление без остановки реального производства [2].

Роботизация включает полностью автономные «тёмные фабрики», беспилотные тележки с навигацией на основе ИИ и коллаборативных роботов (коботов), работающих совместно с людьми [4]. В управлении цепочками поставок ИИ обеспечивает мониторинг в реальном времени, прогнозирование сбоев и оптимизацию запасов [1].

Практические кейсы подтверждают эффективность: компания Pegatron с помощью цифровых двойников PEGAVERSE сократила сроки строительства завода на 40%, а агент Assembly Guiding Agent снизил трудозатраты на 7% и брак на 67% [2]; Schaeffler сократила время разработки роботизированных задач с сотен часов до половины дня благодаря подходу «симуляция прежде всего» [4]; «Газпром Нефть» достигла 90% точности прогноза неисправностей с системой IMC [1].

Несмотря на очевидные преимущества, внедрение ИИ в производство сталкивается с рядом серьёзных барьеров. Во-первых, это проблема качества и маркировки данных: для обучения нейросетей требуются большие размеченные массивы информации, которые на многих предприятиях отсутствуют. Во-вторых, дефицит квалифицированных кадров, способных разрабатывать, внедрять и сопровождать ИИ-решения. В-третьих, высокая стоимость первоначальных инвестиций и длительный срок окупаемости. Кроме того, остаются вопросы кибербезопасности и интеграции новых систем с устаревшим оборудованием [1, 2].

Таким образом, ИИ стал обязательным элементом конкурентоспособного производства: инвестиции в эти технологии обеспечивают снижение брака, экономию на обслуживании, рост готовности оборудования и требуют системного подхода — качественных данных, обучения персонала и непрерывной адаптации моделей [1-4].

Библиографический список

1. Крошилин, И. С. Новая парадигма внедрения искусственного интеллекта в России: точечные решения промышленных задач / И. С. Крошилин, Е. И. Медведева // Региональные проблемы преобразования экономики. — 2026. — № 1. — С. 45–58. — DOI: 10.26726/rppe2026v1n1p45.

2. Kumar, A. Next-generation manufacturing: leveraging AI for industrial innovation and growth / A. Kumar, S. Singh, R. Gupta // Computers & Industrial Engineering. — 2025. — Vol. 190, 110764. — DOI: 10.1016/j.cie.2025.110764.
3. Patrashko, D. Y. Machine Learning-Powered Vision for Robotic Inspection in Manufacturing: A Review / D. Y. Patrashko, V. Gurau // Sensors. — 2026. — Vol. 26, № 3, 788. — DOI: 10.3390/s26030788.
4. Malik, A. A. Advancements in AI-enhanced collaborative robotics: towards safer, smarter, and human-centric industrial automation / A. A. Malik, A. Bilberg // Results in Engineering. — 2025. — Vol. 27, 105704. — DOI: 10.1016/j.rineng.2025.105704.

УДК 621.9-529

МИХАЙЛОВ А.М., КАЗАКОВ А.Г., ЖИГАЛОВА Д.А.

ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ СИСТЕМЫ ЧПУ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Сегодня развитие машиностроения, ориентированного на повышение точности обработки, производительности и уровня автоматизации, системы числового программного управления занимают ключевое место в структуре металлообрабатывающего оборудования. Именно они во многом определяют функциональные возможности станка, устойчивость технологического процесса и степень его интеграции в цифровую производственную среду. В связи с усилением курса на импортозамещение задача развития отечественных систем ЧПУ приобретает не только техническое, но и стратегическое значение.

Системы ЧПУ обеспечивают автоматизированное управление исполнительными органами станка на основе формализованной управляющей программы, что позволяет повысить повторяемость обработки и снизить влияние человеческого фактора.

В течение длительного периода российские предприятия ориентировались преимущественно на зарубежные системы Siemens, Fanuc и Heidenhain, обладавшие более высокой технологической зрелостью и развитой сервисной инфраструктурой [3]. Однако усиление внешних ограничений и необходимость технологической независимости активизировали развитие отечественных решений. К числу заметных отечественных разработчиков относятся компании «Балт-Систем», «Модмаш-Софт», «Микрос» и «ИжПрэст» [5].

Сравнительный анализ показывает, что отечественные системы ЧПУ уже формируют собственные ниши применения. Система MNC ориентирована на многоосевую обработку и поддерживает полноценную пятиосевую интерполяцию [6]. Система NC-110 предназначена для решения широкого круга задач токарной и фрезерной обработки, обеспечивая подготовку управляющих программ непосредственно в процессе работы оборудования, что позволяет сокращать непроизводительные простои [7]. Система «Маяк-603» отличается расширенными возможностями по числу управляемых осей, поддержке различных видов обработки и средствам удаленной диагностики, что повышает ее применимость в составе сложных производственных комплексов [8].

Одновременно сохраняется ряд факторов, сдерживающих широкое распространение отечественных систем. На многих предприятиях механическая часть станочного оборудования сохраняет работоспособность при моральном устаревании электронной начинки, вследствие чего модернизация чаще всего сводится к замене системы управления и приводной части [3]. Подобный подход экономически оправдан, однако требует решения задач совместимости новых электронных модулей со старой механикой, датчиками и исполнительными органами. Дополнительными ограничениями выступают дефицит специалистов, имеющих практический опыт работы с отечественными СЧПУ, а также инерционность заказчиков, традиционно ориентированных на известные зарубежные бренды [3, 9]. Вместе с тем отече-

ственные решения обладают и важными преимуществами, в частности возможностью разработки и отладки логических программ без применения дополнительного специализированного оборудования [10].

Таким образом, отечественные системы ЧПУ уже способны решать задачи от типовой токарной и фрезерной обработки до многоосевых высокотехнологичных операций. Их дальнейшее развитие связано с расширением сервисной инфраструктуры, подготовкой кадров, совершенствованием программно-аппаратной базы и последовательным повышением уровня технологической независимости [3, 9]. При условии системной государственной и отраслевой поддержки российские СЧПУ могут не только заместить импортные решения в среднем сегменте, но и укрепить позиции в более сложных областях современного станкостроения.

Библиографический список

1. Соколова И. Д., Беккель Л. С. Анализ решения проблемы импортозамещения в области систем программного управления станками // Станкоинструмент. 2015. № 4. С. 12–17.
2. Григорьев С. Н. Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика // Автоматизированные системы управления. 2018. № 3. С. 22–29.
3. Мартинов Г. М. Тенденции развития современных систем числового программного управления // Мехатроника, автоматизация, управление. 2019. № 7. С. 34–41.
4. Отечественные СЧПУ могут конкурировать // РИТМ машиностроения. 2020. № 5. С. 28–30.
5. Серебреницкий П. П. Современные модели УЧПУ // Автоматизация и производство. 2017. № 3. С. 52–56.
6. ИжПрэст: официальный сайт. URL: https://ижпрэст.рф/ (дата обращения: 15.04.2026).
7. О современной отечественной системе ЧПУ // РИТМ машиностроения. 2022. № 1. С. 40–43.
8. Соколов В. А. Выбор систем ЧПУ для модернизации металлообрабатывающего станка // Доктрины, школы и концепции устойчивого развития науки : сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции. 2023. С. 112–116.

УДК 621.865.8.

МОГИЛКИН А.А., ЛАЙША А.К., ЕДАКИН А.А.

МОДЕРНИЗАЦИЯ МЯГКОГО ЗАХВАТА НА ОСНОВЕ ЗАХВАТА FESTO DHEF-20-A

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Последние десятилетия робототехника претерпевает фундаментальную трансформацию, смещая акцент от автоматизации жестко структурированных производственных операций к созданию систем, способных адаптироваться к неопределенности внешней среды и вариативности объектов. В данной работе представлена разработка и теоретико-экспериментальное обоснование модернизированного мягкого захвата, созданного на базе промышленного решения класса DHEF-20-A, состоящего из эластичного элемента конусной формы, внутри которого расположен цилиндр, соединенный через шток с внешней пневматической системой. В ходе анализа были выявлены недостатки в виде достаточно больших габаритов, из-за которых робот манипулятор будет иметь дополнительные ограничения в позиционировании захвата относительно объекта.

Научная новизна заключается в переосмыслении пневматической архитектуры и кинематики: предложена интегрированная компоновка пневмоканалов при сохранении питания от внешнего компрессора, а также переход от инверсионной деформации оболочки к управ-

ляемому поршневому механизму с двусторонней подачей воздуха (верхний и нижний фитинги). В ходе анализа и выбора концепции приводной системы было принято решение спроектировать небольшой корпус, внутри которого располагаются пневмолинии с выходами наружу через фитинги и внутрь привода, а также один канал ведущий непосредственно во внутреннюю полость эластичной части, необходимый для реализации функции зажима объекта. Показано, что такая схема обеспечивает снижение конструкционной сложности, уменьшение потерь давления и повышение надежности при одновременном сокращении стоимости. Было принято производить эластичный элемент из силикона на платиновой основе методом литья в открытую форму. Модель литьевой формы была спроектирована в САПР «Компас 3D».Она включает в себя два основных узла: верхнюю часть, состоящую из крышки и кольца, а также четырехсоставной корпус, формирующий внешнюю поверхность эластичного элемента. Также сформулированы выводы о целесообразности применения поршневых схем в задачах мягкого захвата, и проведены расчёты пневмоцилиндра и CAE-анализ деформации и напряжений эластичной части при подаче давления в нижний фитинг и последующего втягивания пневмоцилиндра в верхнее положение. Таким образом, цель работы достигнута, поставленные задачи решены.

Библиографический список

1. Festo AG & Co. KG. Soft gripper DHEF-20-A: Technical documentation. – Esslingen: Festo, 2020. – 35 p.
2. Шихирман В. А. Пневмоприводы и пневмоавтоматика: учебное пособие. – М.: Машиностроение, 2018. – 256 с.
3. Лебедев А. А., Иванов Д. В. Пневматические приводы в автоматизации производства. – М.: Инфра-М, 2020. – 280 с.

УДК 658.7

НОВИКОВА А.А.

КОМБИНИРОВАННЫЙ ПОДХОД В УПРАВЛЕНИИ ЗАПАСАМИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Одной из проблем в управлении запасами является дефицит запаса (*stockout*) – это ситуация, возникающая на складе, при которой запас достигает нулевого уровня. В таких случаях невозможно обеспечить имеющийся спрос, производство «встаёт» в ожидании следующей поставки. Зачастую производственные предприятия не уделяют должного внимания подобным случаям, руководствуясь одним основным параметром – коэффициентом оборачиваемости запаса. Однако его использование в качестве основного сигнала для инициации поставки имеет недостатки: отсутствие прямой связи с актуальным спросом, игнорирование дней дефицита и низкая адаптивность к резким изменениям спроса или сроков поставки.

Предлагается комбинировать коэффициент оборачиваемости с другим, не менее важным показателем, – уровнем обслуживания. Комбинированный подход включает три элемента: пороговый уровень *ROP* – момент, когда необходимо инициировать новую поставку; уровень обслуживания – вероятность удовлетворения спроса без дефицита за счет имеющихся запасов; коэффициент оборачиваемости – мера эффективности оборота запасов.

План испытаний для комбинированного подхода.

1. Построение математической модели с заданием параметров запасов и формул для проведения вычислений;
2. Проведение испытаний для установленного числа дней (например, 200) при различных значениях объёма заказа (q) и порогового уровня (*ROP*): 300/150, 200/100 и 100/50 ед. с учётом

среднего и стандартного отклонения спроса и времени поставки для приближения к реальным условиям;

3. Выгрузка и анализ данных: расчёт распределения спроса на интервале {ROP+1; ROP+q} с помощью функции НОРМ.РАСП для определения уровня обслуживания [1];

4. Расчёт коэффициента оборачиваемости как частного от деления среднего объёма продаж за период на средний запас [2].

Это позволяет графически (рис. 1) оценить зависимость: с увеличением запаса коэффициент оборачиваемости снижается, а уровень обслуживания растёт. График подтверждает ожидаемое поведение системы.

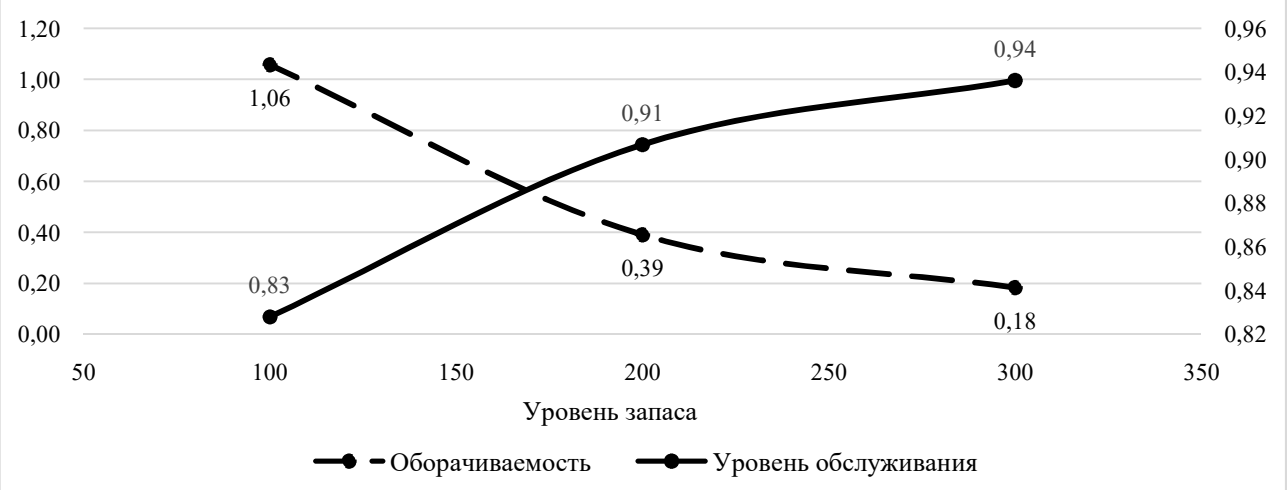


Рис. 1. График зависимости коэффициента оборачиваемости и уровня обслуживания от объема заказа

Библиографический список

1. EdwardS. Pound. FactoryPhysicsforManagers: HowLeadersImprovePerformanceina-Post-LeanSixSigma World / Edward S. Pound, Jeffrey H. Bell, Mark L. Spearman – Boston: McGraw Hill, 2014. – 384 p.;

2. Оборачиваемость товара, коэффициент оборачиваемости: как рассчитать, проанализировать и повысить // Блог: [сайт]. – 2024. – URL: https://fnow.ru/articles/oborachivaemost-tovara;

УДК 621.865.8

ПАТОКИН А.Н., АНОСОВ М.С.

ТРАНСПОРТНЫЕ РОБОТЫ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Внедрение инновационных технологий снижает трудоемкость логистических операций и повышает эффективность производств.

Транспортный робот – это автономное мобильное устройство, которое включает программируемый контроллер и систему передвижения, нередко оснащённое манипулятором. Оно передвигается в пространстве, выполняя задачи без постоянного контроля со стороны человека. Такие роботы способны транспортировать грузы, собирать данные и выполнять другие действия, требующие высокой точности и повторяемости.

Внедрение транспортных роботов, не только облегчает работу сотрудникам, но и создает мобильную, гибкую и безопасную логистическую систему, которую можно адаптировать и

масштабировать под любые задачи.

Проект автоматизации транспортной логистики начал внедряться на Горьковском автозаводе в 2023 году, стартовав с трех транспортных роботов, доставлявших кабины малотоннажных грузовиков из цеха окраски на сборочный конвейер.

Транспортный робот представляет собой компактный беспилотный тягач с электроприводом, способный буксировать прицепы с грузом общим весом до 1100 кг. Навигация осуществляется по вмонтированным в пол магнитным лентам с радиочастотными метками, а лидары обеспечивают обнаружение препятствий и остановку перед ними. Роботы общаются между собой по Wi-Fi для координации очередности движения и предотвращения заторов.

В цехах Горьковского автозавода на данный момент создано 52 маршрута, по которым «умные» транспортеры доставляют на конвейеры 653 вида компонентов. Грузовые роботы разработаны в инженерном центре предприятия, их производство организовано на площадке завода.

На Горьковском автозаводе постоянно разрабатываются новые модификации «умных» транспортеров. Создан вариант беспилотной платформы с двумя захватывающими устройствами, способной перемещать до трех складских тележек.

В стадии разработки находится более мощный тягач, который сможет работать с тележками массой до 3 тонн. Также разрабатывается робот со SLAM-навигацией (системой одновременной локализации и построения карты), которая позволит роботу ориентироваться только при помощи лидаров: это исключит необходимость прокладки магнитной ленты и ускорит пуско-наладочные работы.

Сфера применения роботов также расширяется. Так, на производстве мостов и агрегатов роботы используются не только для доставки компонентов со склада на конвейеры, но и выполняют функцию мобильного сборочного конвейера.

На участке сборки передней подвески «Газели NEXT» автономные транспортные модули перевозят подрамники подвески от одного оператора к другому. Процесс установки комплектующих на подрамники ведется работниками прямо на борту транспортного робота. Благодаря этому трудозатраты операторов на данном участке сократились на 20%, повысилась ритмичность выпуска продукции.

Транспортные роботы – это будущее. Их развитие активно продвигается вперёд благодаря прогрессу в области искусственного интеллекта (ИИ), машинного обучения, сенсоров и других технологий. А их влияние на экономику, логистику, городскую инфраструктуру и качество жизни людей будет масштабным.

УДК 008.77

ПИВИКОВ А.С., КОНЕВСКИЙ Г.Н.

СНИЖЕНИЕ ВРЕМЕНИ ПЕРЕНАЛАДКИ ОБОРУДОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

На машиностроительных предприятиях время переналадки оборудования (ТПО) составляет значительную долю в структуре производственного цикла, особенно в условиях серийного и мелкосерийного производства. Сокращение ТПО без потери качества – ключевая задача. Внедрение автоматизированной информационной системы (АИС) «Диспетчер» позволяет в реальном времени отслеживать состояние станков, фиксировать простои и оптимизировать подготовку к выпуску новой продукции. Цель доклада – показать методику снижения ТПО с использованием АИС «Диспетчер».

Переналадка включает механические, электромеханические и программные операции. Общее время можно представить формулой:

$$T_{\text{тер}} = T_{\text{мех}} + T_{\text{эл}} + T_{\text{прогр}} + T_{\text{контр}}$$

где: $T_{\text{мех}}$ – время смены оснастки и инструмента; $T_{\text{эл}}$ – время подключения/отключения датчиков и приводов; $T_{\text{прогр}}$ – время загрузки/корректировки УП (управляющей программы); $T_{\text{контр}}$ – время пробного пуска и контроля.

При использовании АИС «Диспетчер» время $T_{\text{прогр}}$ и $T_{\text{контр}}$ сокращается за счет параллельной подготовки данных.

На основе внедрения системы мониторинга проведен сравнительный анализ, оценка эффективности внедрения; параметры влияние АИС «Диспетчер» на время переналадки сведены в табл. 1.

Таблица 1

Влияние АИС «Диспетчер» на время переналадки

Группа оборудования	Среднее время переналадки до внедрения	Среднее время переналадки после внедрения	Относительно сокращение
Токарная группа	Среднее	Низкое	Существенное
Фрезерная группа	Высокое	Низкое	Значительное
Портальное оборудование	Высокое	Низкое	Значительное

Представлена типовая динамика среднего времени переналадки после начала эксплуатации АИС «Диспетчер»: постепенное снижение в первые месяцы и последующая стабилизация на достигнутом уровне.

Произведена оценка экономической эффективности. Сокращение времени переналадки позволяет высвободить дополнительное машинное время и увеличить выпуск продукции. Обобщённая формула эффекта:

$$\text{Э} = \left(\sum_{i=1}^{n} \Delta T_i \cdot C_{\text{ч}} \cdot N_i \right) - \text{З}_{\text{АИС}}$$

где: ΔT_i – сокращение времени переналадки на единице оборудования, $C_{\text{ч}}$ – стоимость машино-часа, N_i – количество переналадок в год, $\text{З}_{\text{АИС}}$ – затраты на внедрение и сопровождение АИС «Диспетчер».

Применение системы мониторинга АИС «Диспетчер» на машиностроительном предприятии позволяет:

- снизить время переналадки оборудования за счёт параллельной подготовки данных и оперативного контроля;
- повысить прозрачность простоев и дисциплину обслуживания;
- получить экономический эффект без значительных капитальных вложений.

Рекомендуется дальнейшее распространение системы на другие производственные участки.

Библиографический список

1. ГОСТ 7.1-2003. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления. – М.: Стандартинформ, 2004. – 47 с.
2. Общие принципы организации машиностроительного производства / под ред. А. Н. Петрова. – М.: Машиностроение, 2020. – 280 с.
3. Иванов, В. П. Автоматизированные системы диспетчерского управления в промышленности / В. П. Иванов. – СПб.: Политех-Пресс, 2021. – 192 с.
4. Сидорова, Е. А. Снижение времени переналадки оборудования на основе систем мониторинга / Е. А. Сидорова // Вестник промышленности. – 2022. – № 4. – С. 35–39.
5. Техническая документация АИС «Диспетчер». – Режим доступа: https://ais-dispetcher.ru (дата обращения: 10.04.2026).

УДК 65.011.56

РОГОВИК А.А.

СПОСОБ ПОДБОРА СТАНКОВ ТОКАРНОЙ ГРУППЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛЕЙ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Одна из главных задач для специалистов машиностроительной области – это повышение производительности труда, как при производстве изделий, так и при технологической подготовке производства. Для решения данной задачи применяются все новые появляющиеся в последние годы методы и инструменты. Одним из самых распространенных таких инструментов в последние годы стали нейронные сети, которые уже активно применяют для решения широкого спектра задач [1,2]. В представленной далее работе описан один из способов применения моделей нейронных для обнаружения и классификации объектов на изображениях и видео для автоматизации части технологической подготовки производства.

Цель представленной работы – это создание нового метода, реализованного посредствам разработки программы для ЭВМ, для автоматизированного принятия решения о выборе станка токарной группы для изготовления деталей типа тел вращения.

Для реализации поставленной цели были рассмотрены классические методы подбора станков токарной группы, которые далее были оптимизированы для программной реализации с использованием моделей нейронных сетей. Был определён список необходимых для подбора параметров, ими стали: наибольший диаметр детали, её длина, масса, и наилучшая имеющая шероховатость поверхности.

Далее были разработаны несколько моделей нейронных сетей для обнаружения и классификации данных четырёх параметров. В качестве базовой модели была выбрана модель “YOLOv5” – одна из версий модели YOLO (You Only Look Once) для распознавания объектов в реальном времени. Её основная особенность – это очень высокая скорость обработки информации и высокая точность обнаружения объектов. Для обучения необходимых моделей был подготовлен набор данных, который состоял из 1000 изображений чертежей деталей типа тел вращения, имеющих различный формат листа и различное качество изображения.

После создания моделей, что бы реализовать поставленную цель, была разработана программа для ЭВМ. Основные функции разработки это: при помощи разработанных моделей и библиотеки для оптического распознавания текста “EasyOCR” определять по чертежу детали её наибольший диаметр, длину, массу, и наилучшую шероховатость поверхности, выполнение проверки полученных параметров при помощи ручного ввода выполняемого во время выполнения кода программы, принятие решение о назначении станка для изготовления детали с чертежа, формирование и занесение всех полученных результатов в таблицу в формате “MicrosoftExcel”.

Таким образом, был получен метод для автоматизированного подбора станков токарной группы, который может быть далее использован на различных машиностроительных предприятиях.

Библиографический список

1. Степанов Д. В., Макаров А. В., Молотов А. М., Облетов Е. Н. Сверточные нейронные сети для выявления дефектов и повреждений конструкций // Промышленное и гражданское строительство. 2024. № 9. С. 52-58

2. Кузнецов С.В., Роговик А.А., Кузнецова Е.С. Детекция деталей, получаемых методами токарной обработки, с использованием модели для распознавания объектов YOLOv5 // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2025. Т. 23. №3. С. 122-128.

УДК 658.153.8

СЕМЕНОВА Е.А., МАНСУРОВ Р.Ш.

ОЦЕНКА ФИНАНСОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ ЗАО “КОНЦЕРН “ТЕРМАЛЬ”

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Оценка финансовой устойчивости ЗАО «Концерн «Термаль» является важным этапом анализа его хозяйственной деятельности, поскольку позволяет определить способность предприятия эффективно функционировать, развиваться и сохранять платёжеспособность в условиях нестабильной экономической среды. Финансовая устойчивость отражает такое состояние ресурсов и их источников, при котором обеспечивается равновесие между активами и пассивами, а также создаются условия для непрерывной деятельности предприятия [1].

Проведённый анализ показал, что финансовое состояние предприятия формируется под влиянием результатов производственной, коммерческой и финансовой деятельности. В рассматриваемом периоде (2023-2024 гг.) наблюдается рост собственного капитала, что является положительным фактором, свидетельствующим об укреплении финансовой независимости. Однако при этом сохраняется дефицит собственных оборотных средств, что указывает на недостаточную обеспеченность текущей деятельности внутренними источниками финансирования [1].

Расчёт собственных оборотных средств показал их отрицательное значение как на начало, так и на конец периода. Несмотря на сокращение дефицита, предприятие не способно полностью финансировать оборотные активы за счёт собственного капитала, что свидетельствует о его зависимости от заёмных средств. Аналогичная ситуация наблюдается при анализе обеспеченности запасов источниками их формирования: показатели имеют отрицательные значения, что позволяет отнести финансовое состояние предприятия к кризисному типу [1].

Кризисный характер финансовой устойчивости означает, что равновесие платёжного баланса достигается за счёт привлечения внешних ресурсов и возможной просрочки обязательств, что увеличивает финансовые риски. Подобное состояние требует принятия управленческих решений, направленных на стабилизацию финансового положения и снижение зависимости от заёмного капитала [2].

Вместе с тем анализ относительных показателей финансовой устойчивости выявил положительную динамику. Коэффициент финансовой автономии увеличился, что свидетельствует о росте доли собственного капитала в общей структуре источников финансирования. Одновременно снизился коэффициент финансовой зависимости, отражающий уменьшение доли заёмных средств. Существенное улучшение наблюдается и по коэффициенту платёжеспособности, что указывает на повышение способности предприятия покрывать свои обязательства за счёт собственных ресурсов [1].

Снижение коэффициента финансового левериджа также является положительным фактором, так как свидетельствует о сокращении финансового риска и более рациональной структуре капитала. Однако абсолютные значения показателей всё ещё далеки от нормативных, что указывает на необходимость дальнейшего укрепления финансовой базы предприятия [2].

Таким образом, финансовая устойчивость ЗАО «Концерн «Термаль» характеризуется как кризисная по абсолютным показателям, но с положительной тенденцией по относительным коэффициентам. Для улучшения ситуации необходимо увеличить объём собственных оборотных средств, оптимизировать структуру капитала, сократить зависимость от заёмных источников и повысить эффективность использования ресурсов.

Реализация данных мер позволит предприятию повысить уровень финансовой устойчивости и обеспечить стабильное развитие в долгосрочной перспективе [1].

Библиографический список

1. Бухгалтерская отчётность ЗАО «Концерн «Термаль» за 2023–2024 гг.
2. Русак Н.А. Финансовый анализ предприятия. – Минск, 2020.

УДК 62–233.3

СЕРОВ Н.А.

МЕХАНИЧЕСКИЕ ВОЛНОВЫЕ ПЕРЕДАЧИ, ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

В настоящие время известно и применяется множество механических передач, особое место среди них занимают волновые передачи, которые кинематически представляют собой планетарные передачи с одним сателлитом в виде гибкого венца и могут быть фрикционными, зубчатыми и винтовыми, преимущественно распространены зубчатые волновые передачи их и рассмотрим [1].

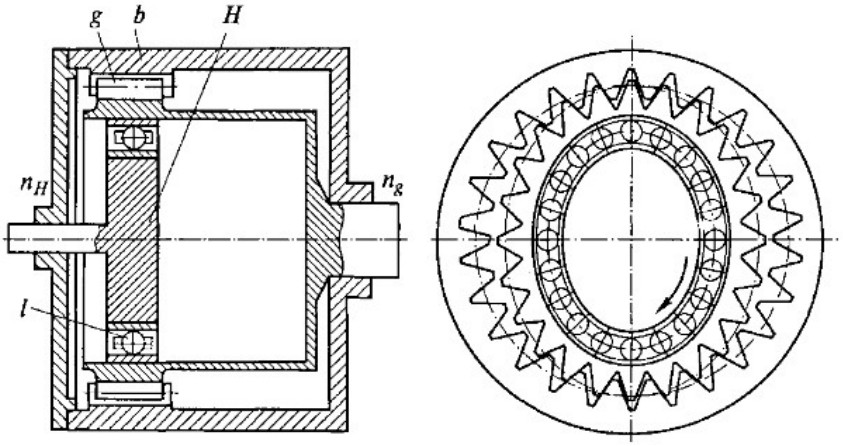


Рис. 1 Схема зубчатой волновой передачи:
b – центральное колесо, *g* – венец, *l* – подшипник, *H* – генератор волн, n_g – частота вращения ведущего звена, n_H – частота вращения ведомого звена

Гибкий венец g упруго деформируется генератором волн H (в данном случае специальным гибким подшипником l) и входит в зацепление с жёстким центральным колесом b, в данном случае в двух зонах. В зацепление может входить до 50% всех зубьев колеса, когда у обычных зубчатых передач в зацепление входят до 2% зубьев, с чем связана высока несущая способность волновой передачи [1].

По сравнению с обычными зубчатыми передачами волновые имеют меньшие габариты и массу при том же передаточном отношении. Они обеспечивают высокую кинематическую точность, обладают демпфирующей способностью. Специфическим свойством волновых передач является возможность передачи вращения в герметизированное пространство [1].

Волновые передачи способны осуществлять высокие передаточные отношения в одной ступени, от 60 до 300. При этом КПД их достаточно велик – в режиме редуктора 0,8–0,9, в режиме мультипликатора 0,5–0,7 [1].

Недостатком волновых передач является малая частота вращения генератора волн, примерно в пределах 1500–3500 $мин^{-1}$ при радиусах малых гибких колёс от 25 до 125 мм. Поэтому мощность волновых передач от 0,1 до 48 кВт. Срок службы составляет до 10000 часов [1].

Волновые передачи используются в случаях не требующих высоких мощностей и частот вращения, также, где требуется компактность передачи, точность и плавность работы, и пе-

редача в герметизированные пространства [1].

Они нашли применение в химической и атомной промышленности, где требуется передача крутящего момента в герметизированное пространство, которая совершается посредством волновой сверхгерметичной передачи-муфты [2], также в сервоприводах различных систем, к примеру, для авиастроения в системах дистанционного управления.

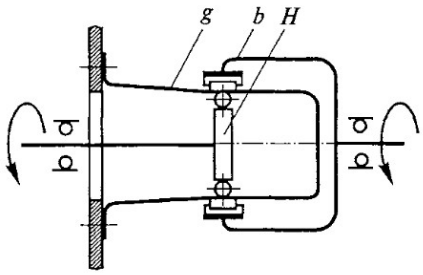


Рис. 2. Схема волновой передачи движения из герметизированного пространства:
g – гибкое колесо, *b* – жёсткое центральное колесо, *H* – генератор волн

Библиографический список

1. **Гулиа Н. В.** Детали машин: учебник для вузов / Н. В. Гулиа, В. Г. Клоков, С. А. Юрков; под общей редакцией Н. В. Гулиа. – 4-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2025. – 416 с.: ил. –Текст: непосредственный.
2. Волновая сверхгерметичная передача-муфта [электронный ресурс] // https://poleznayamodel.ru/patent/268/2683903.html (дата обращения 02.04.2026).

УДК 621.715.4

СИМОНОВ М.Н., РЯБИКИНА Т.В, СТАРОСТИНА О.Н.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ОПРАВКИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОЙ НАМОТКИ БЕСКАРКАСНЫХ КАТУШЕК

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Технология сборки изделий является завершающим этапом создания изделия и от ее правильности и точности зависят их эксплуатационные показатели. Намоточные изделия, применяемые в приборном оборудовании, чаще всего состоят из каркаса и обмотки. Конструкции намоточных изделий, создаются с целью уменьшения массы и габаритов приборного оборудования, с позиции технологической реализации ставят задачи достижения требуемого качества при выполнении автоматического цикла намоточных операций. Процесс это трудоемкий и ответственный, так как все допущенные дефекты становятся скрытыми (по их выявлению) после завершения операции.

Для намотки бескаркасных катушек используется специальная оснастка, которая состоит из поджимной гайки, щечек, вала-оправки (для удобного демонтажа катушки, которая наматывается между щечек) [1]. На вал наматывается фторопластовая лента Ф-4КО (толщина 0,1 мкм). При ее использовании увеличивается вероятность появления различных дефектов, таких как перехлест витков, прогалы между витками или неравномерное их распределение по ширине оправки. Оправка поджимается с обеих сторон передней и задней бабками намоточного станка. Такой способ крепления на станок увеличивает торцевое и радиальное биение в процессе намотки за счет погрешности соосности передней и задней бабки, суммирования их биения и биения оправки. Эти факторы уменьшают вероятность ровной укладки провода [2].

С учетом описанных ранее недостатков разработано новое приспособление, в котором

предпринята попытка минимизировать или исключить недостатки намоточного процесса. В новом приспособлении крепление сделано на переднюю бабку станка, чтобы исключить влияние биения задней бабки и погрешности соосности центров. Это позволило отказаться от использования фторопластовой пленки, и решить проблему снятия катушки с оправки после сушки. Для этого в конструкции оправки предусмотрели кольцо с поверхностью для намотки под углом 1°±30′. При данном угле диаметр катушки при ее ширине 1,7 мм изменится на 45 мкм. Это меньше диаметра провода, поэтому такое изменение внутреннего диаметра не приведет к сваливанию провода при намотке, но обеспечит стабильный демонтаж катушки.

После изготовления нового приспособления выполнены исследования по подбору режима намотки катушки (число витков – 126 шт., натяжение – 2,55 Н, частота вращения -4 Гц, шаг раскладки - 0,084 мм). Основные параметры катушки соответствуют чертежу и составляют: коэффициент укладки – 0,72 (базовый – 0,55..0,6), сопротивление – 20,4 Ом, диаметр внутренний 9,82 мм, ширина – 1,69 мм, диаметр внешний – 10, 35 мм (штатный 10,7 мм не соответствовал требованиям чертежа).

Таким образом, разработанная конструкция обеспечит качественную, высокопроизводительную намотку.

Библиографический список

1. Цветков Н. М. Технология производства обмоток для приборов и средств автоматики. М.: Машиностроение, 1979 – 112 с.
2. Литвиненко А.М. К определению погрешностей изготовления катушек на намоточном станке с электрическим приводом / А.М. Литвиненко, Д.С. Баранов // Вести высших учебных заведений Черноземья - 2019. - №1. - С. 43-48.

УДК 66.045.12

ТОТМЯНИН М.А., СОКОЛОВ А.Е.

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СТРИППИНГ-ПРОЦЕССА В ПРОИЗВОДСТВЕ КАРБАМИДА

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Карбамид является одним из наиболее востребованных азотных удобрений в мире. В промышленных условиях степень превращения реагентов в карбамид составляет 50-80 %, что требует выделения значительных объемов непрореагировавших аммиака (NH_3) и диоксида углерода (CO_2) из плава синтеза с их последующим возвратом в технологический цикл. Традиционным методом рекуперации выступает многоступенчатая дистилляция, однако более современной и эффективной альтернативой является стриппинг-процесс. Замена колонны дистилляции первой ступени на стриппер обладает рядом технологических, энергетических и экономических преимуществ [1], перечисленных далее.

1. Упрощение технологической схемы. Стриппинг-процесс объединяет стадии разложения карбамата аммония и отгонки непрореагировавших газов в одном аппарате. Отпадает необходимость установки насосов высокого давления для сжатия растворов углеаммонийных солей, появляется возможность полезного использования теплоты конденсации с выработкой водяного пара, уменьшается количество воды, возвращаемой в колонну синтеза. Это позволяет снизить избыток аммиака в исходной смеси.

2. Снижение энергопотребления. В установках с двухступенчатой дистилляцией разложение карбамата и отделение газов осуществляется последовательно в нескольких аппаратах при различных давлениях. Для этого требуется значительное количество тепла, подводимого в виде водяного пара. В стриппинг-процессе компоненты удаляются из реакционной

смеси при давлении синтеза с использованием CO_2. За счет рекуперации тепла расход пара снижается в 1,5-2 раза по сравнению с традиционным методом дистилляции. Это снижает эксплуатационные затраты и повышает энергоэффективность производства.

3. Улучшение условий протекания реакции. Образование карбамида является обратимой реакцией, чувствительной к количеству воды в реакционной смеси. Вода смещает равновесие реакции в сторону образования карбамата аммония и снижает выход карбамида. В схемах двухступенчатой дистилляции возврат реагентов осуществляется в виде водных растворов карбамата, что увеличивает содержание воды в реакционной системе. Стриппинг-процесс позволяет использовать NH_3 и CO_2 в газообразной форме, благодаря чему содержание воды в цикле уменьшается, что повышает степень превращения CO_2.

4. Улучшение качества продукции. При высоких температурах карбамид подвержен разложению с образованием биурета – токсичного для сельскохозяйственных культур компонента. Стриппинг-процесс позволяет минимизировать время пребывания плава карбамида в зонах повышенных температур, что обеспечивает стабильно высокое качество товарного продукта.

Благодаря совокупности этих факторов стриппинг-процесс стал стандартом для современных производств. Несмотря на высокую стоимость коррозионностойких материалов для изготовления аппарата, общие капитальные и эксплуатационные затраты снижаются за счет компактности схемы и высокой энергоэффективности. Исходя из этого, проектирование стриппера в рамках выпускной квалификационной работы является актуальной и практически значимой инженерной задачей.

---

1. Горловский, Д. М. Технология карбамида / Д. М. Горловский, Л. Н. Альтшулер, В. И. Кучерявый. – Л.: Химия, 1981. – 320 с.

УДК 621.895

ФАТУЛЛАЕВА А.Н., ЛАПТЕВ И.Л.

РАЗРАБОТКА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ И ПОДАЧИ СОЖ В МЕТАЛЛООБРАБОТКЕ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В современном машиностроительном производстве смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ) являются ключевым элементом, определяющим производительность обработки, качество поверхности деталей и стойкость режущего инструмента. Водосмешиваемые СОЖ структурно представляют собой сложные коллоидные (дисперсные) системы, основной коллоидно-химической характеристикой которых является дисперсность. Эти системы гетерогенны, состоят из двух и более фаз: дисперсной фазы и дисперсионной среды, имеющих жидкое агрегатное состояние. Сложность состава СОЖ, подверженность биопоражению накладывают особые требования на первый этап жизненного цикла СОЖ – технологию приготовления. Однако существующее оборудование для приготовления СОЖ – механические мешалки, коллоидные мельницы, роторно-пульсационные аппараты – характеризуется либо недостаточной дисперсностью (2-8 мкм), либо высокими удельными энергозатратами (до 7,0 кВт·ч/м³), а также наличием застойных зон, способствующих биопоражению жидкости и сокращению срока её службы.

Для решения указанных проблем предлагается конструкция многофункционального насоса-гомогенизатора, реализующего лабиринтно-винтовой принцип воздействия на обрабатываемую среду. Рабочими органами устройства являются ротор и статор с разнонаправленными многозаходными винтовыми нарезками. При относительном вращении в микроячейках, образованных пересечением канавок, формируется сложное гидродинамическое поле, сочетающее осевое перемещение (подача) и высокоскоростной сдвиг. Это обеспечивает одновременное протекание турбулентного перемешивания, интенсивных кавитационных процессов и сдвиговых деформаций эмульсии.

Предлагаемое техническое решение обладает следующими преимуществами по сравнению с существующими аналогами:

- высокая энергоэффективность: удельные энергозатраты составляют 0,3 кВт·ч/м³, что в 5–20 раз ниже показателей механических мешалок (1,5 кВт·ч/м³), коллоидных мельниц (7,0 кВт·ч/м³) и гомогенизаторов (5,5 кВт·ч/м³);
- повышенная дисперсность: достигаемый размер частиц эмульгированной фазы – 0,5–1,0 мкм, что превосходит возможности механических мешалок (2–8 мкм) и находится на уровне лучших роторных аппаратов;
- многофункциональность: устройство совмещает функции вакуумного всасывания компонентов, дозирования, интенсивного диспергирования и напорной подачи готовой эмульсии в зону резания (или централизованную магистраль), исключая необходимость в дополнительном насосном оборудовании;
- надежность и санитарно-гигиеническая безопасность: отсутствие контактного трения рабочих органов повышает ресурс оборудования; отсутствие застойных зон и кавитационное воздействие препятствуют развитию анаэробных бактерий, увеличивая срок службы СОЖ и снижая затраты на её утилизацию.

В результате направленного поиска метода диспергирования, во-первых, соответствующего перспективному принципу интенсификации турбулентного трения с высокой степенью кавитации и, во-вторых, с возможностью сочетания процесса диспергирования с напорной подачей приготовленной СОЖ предлагается схема диспергатора (гомогенизатора), базирующегося на принципе работы лабиринтновинтовых насосов и импеллеров с возможностью подачи смешиваемых компонентов вакуумным всасыванием.

УДК 621.9.02

ФИЛИППОВ К.А., КАБАЛДИН Ю.Г.

ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК ИЗНОСА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Цифровой двойник можно рассматривать, как паспорт кибер-физической системы (КФС) – основной технологической единицы цифрового производства, характеризующейся высокими адаптивными и интеллектуальными возможностями за счет ассоциативного восприятия информации и постоянного обучения, оценки текущего состояния и прогнозирования будущего, способностью автономно решать задачи оптимизации и принимать правильные решения на основе анализа данных. ЦД в данном случае будет в роли показателя цифровой идентичности, в которой фиксируются все данные об обрабатываемых материалах, производственных технологических операциях, испытаниях и тестовых исследованиях [1].

Получение цифровых двойников на базе КФС, возможно, как с использованием традиционных аналитических подходов, на основе математического описания физических процессов, так и с помощью более современных методов, таких как машинное обучение.

Рис. 1. Схема построения цифрового двойника режущего инструмента

На рис. 1 приведена схема создания цифрового двойника режущего инструмента, включающая сбор данных с датчиков, установленных на режущем инструменте, для построения нейронной сети на основе облачных технологий (базы данных).

Для оценки интенсивности износа инструмента разработана нейросетевая модель (цифровой двойник) изнашивания режущего инструмента, которая представляет собой двухслойную нейронную сеть обратного распространения (рис. 2). [1]

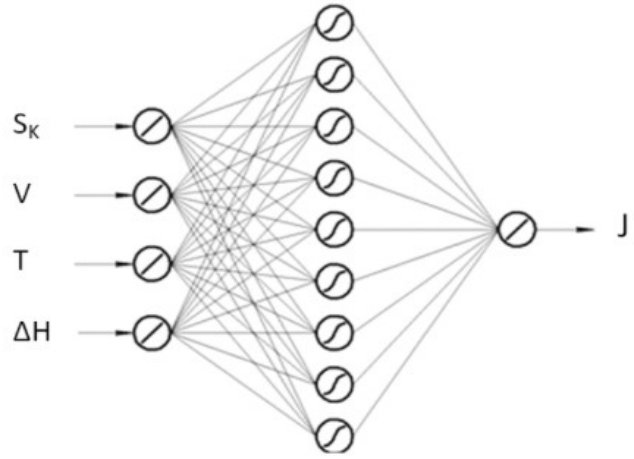


Рис. 2. Нейросетевая модель процесса изнашивания твердосплавного режущего инструмента

---

1. Ю.Г. Кабалдин, Д.А. Шатагин, М.С. Аносов, М.В. Желонкин. Искусственный интеллект, интернет вещей, облачные технологии и цифровые двойники в современном механообрабатывающем производстве: учеб. пособие/ Ю.Г. Кабалдин [и др.]; Нижегород. Гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева – Нижний Новгород, 2023 – 170с.

УДК 629.3

ФРОЛОВ Д.В., ФЕДОСОВА Л.О., ЗОЛОТОВ А.В.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ ЖИДКОСТЕЙ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ) являются важнейшим элементом процессов металлообработки, обеспечивая охлаждение зоны резания, снижение трения, удаление стружки и защиту оборудования от коррозии. Их состояние напрямую влияет на качество

обработки, срок службы инструмента и стабильность технологических операций. Несмотря на это, на большинстве промышленных предприятий контроль параметров СОЖ осуществляется вручную, что приводит к значительным погрешностям измерений и снижению эффективности производства. По данным исследований, ошибки ручного контроля могут достигать 10-20 %, что вызывает перерасход материалов, рост брака и увеличение эксплуатационных затрат. В условиях цифровизации промышленности актуальной задачей становится создание автоматизированных систем контроля качества СОЖ, обеспечивающих повышение точности и оперативности принятия решений.

Ключевыми параметрами, определяющими качество СОЖ, являются концентрация, уровень pH, температура и электропроводность. Отклонение этих показателей от нормативных значений приводит к ухудшению условий обработки, ускоренному износу инструмента и снижению качества выпускаемой продукции. Существующие методы контроля, включающие ручные измерения, лабораторные исследования и использование разрозненных систем учета, характеризуются низкой оперативностью, недостаточной точностью и ограниченными возможностями для комплексного анализа данных. Это обуславливает необходимость разработки интегрированных цифровых решений, способных обеспечить непрерывный мониторинг и интеллектуальную обработку информации.

В рамках данной работы предлагается система контроля качества СОЖ, реализованная в виде модуля веб-платформы «Система СОЖ» и построенная на принципах модульной архитектуры. Система включает в себя подсистему сбора данных, обеспечивающую получение информации как от датчиков, работающих по протоколам Modbus и OPC UA, так и посредством ручного ввода с использованием QR-кодов. Полученные данные поступают в модуль обработки, где выполняются их фильтрация, нормализация и хранение. Далее информация передается в аналитический модуль, осуществляющий сравнение текущих значений параметров с нормативными и выявление отклонений.

Результаты анализа отображаются в пользовательском интерфейсе с использованием дашбордов, графиков и интерактивной карты цеха, что обеспечивает наглядное представление текущего состояния технологических жидкостей. Для повышения оперативности реагирования реализован механизм цветовой индикации, при котором зеленый цвет соответствует нормальным значениям параметров, желтый сигнализирует о наличии отклонений, а красный указывает на критическое состояние. В случае выхода параметров за допустимые пределы система автоматически фиксирует событие, формирует запись в журнале и отправляет уведомления ответственным специалистам.

Дополнительным функционалом системы является поддержка лабораторного контроля, включающего входной контроль партий СОЖ, ведение журнала исследований и анализ качества поставок. Существенным преимуществом разработанного решения является возможность долгосрочного хранения данных сроком до пяти лет, что позволяет проводить ретроспективный анализ, выявлять закономерности изменения параметров и прогнозировать процессы деградации СОЖ.

В системе реализованы элементы предиктивной аналитики, позволяющие прогнозировать деградацию смазочно-охлаждающих жидкостей, оценивать их расход и формировать рекомендации по своевременной доливке. Это обеспечивает переход от реактивного подхода к обслуживанию к проактивному управлению производственными процессами, повышая надежность оборудования и снижая вероятность внеплановых остановок.

Внедрение разработанной системы позволяет достичь значительного экономического эффекта за счет снижения перерасхода СОЖ на 15-25 %, уменьшения простоев оборудования и сокращения затрат на техническое обслуживание. Дополнительным преимуществом является повышение прозрачности учета и минимизация влияния человеческого фактора на результаты контроля.

Предложенная система может быть применена в различных отраслях промышленности, включая машиностроение, автомобильную и аэрокосмическую промышленность, а также на предприятиях оборонно-промышленного комплекса. Наибольшую эффективность она де-

монстрирует на предприятиях с большим парком оборудования, где традиционные методы контроля являются трудоемкими и недостаточно эффективными.

Разработанная система контроля качества СОЖ представляет собой эффективный инструмент цифровизации производственных процессов, обеспечивающий автоматизированный мониторинг параметров, повышение точности измерений и рациональное использование ресурсов. Интеграция системы в общую информационную среду предприятия позволяет реализовать принципы «Индустрии 4.0» и перейти к интеллектуальному управлению технологическими процессами.

Библиографический список

1. Технологические жидкости в машиностроении / под ред. В. А. Соколова. — М.: Машиностроение, 2020. — 320 с.
2. Кузнецов А. Н., Лебедев И. В. Смазочно-охлаждающие жидкости: свойства, применение, контроль. — СПб.: Политехника, 2019. — 256 с.
3. Иванов П. С. Методы контроля технологических жидкостей в промышленности // Вестник машиностроения. — 2021. — № 7. — С. 45–52.
4. Петров Д. А., Смирнова Е. В. Цифровизация производственных процессов в машиностроении. — М.: Инфра-М, 2022. — 280 с.
5. Основы Индустрии 4.0: учебное пособие / под ред. Н. В. Орлова. — М.: Юрайт, 2021. — 210 с.
6. ISO 6743-7:2017. Lubricants, industrial oils and related products — Classification.
7. ГОСТ 28549.2-90. Жидкости смазочно-охлаждающие. Методы определения pH.
8. ГОСТ 12.3.025-80. Обработка металлов резанием. Требования безопасности.

УДК 621.9-229

ЩЕДРИН М.И.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ И КРИТЕРИИ ВЫБОРА ПОВОРОТНЫХ СТОЛОВ В СОВРЕМЕННОМ МАШИНОСТРОЕНИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Современное станкостроение предъявляет повышенные требования к точности и универсальности металлообрабатывающего оборудования. Расширение функциональности фрезерных и сверлильных станков достигается за счет применения координатной оснастки, в частности поворотных столов. Целью настоящей работы является анализ технологических возможностей фрезерной обработки с применением данных устройств и систематизация критериев их выбора.

Поворотные столы позволяют реализовать ряд специализированных видов фрезерных работ, которые условно классифицируются по сложности формообразования. Во-первых, это обработка по окружности и образующей, включающая контурное фрезерование тел вращения, формирование винтовых канавок и шпоночных пазов на валах. Во-вторых, обеспечивается многосторонняя обработка: фрезерование торцов и уступов под различными углами, а также сверление и растачивание наклонных отверстий, гравировка по цилиндрической поверхности. В-третьих, применение наклонно-поворотных столов позволяет осуществлять обработку сложных криволинейных поверхностей, таких как лопатки и крыльчатки, а также глубоких полостей и поднутрений. Кроме того, данная оснастка незаменима при резьбофрезеровании и реализации специальных циклов обработки на торцах деталей.

Конструктивно поворотный стол представляет собой устройство, монтируемое на рабочий стол станка и обеспечивающее высокоточное вращение заготовки вокруг одной или

двух осей. По степени свободы выделяют одноосевые и двухосевые (наклонно-поворотные) столы. Одноосевые системы жестко фиксируют заготовку, оставляя ей лишь одну степень свободы – вращение. Устройства с тремя и более степенями свободы, как правило, относятся к иным классам мехатронных систем (например, гексаподы). Выбор конкретного типа стола определяется спецификой технологической задачи, однако существуют универсальные критерии. Ключевым параметром является диаметр планшайбы, который должен обеспечивать устойчивое базирование заготовки с технологическим запасом для исключения консольного свеса. Далее оценивается суммарная допустимая нагрузка, причем учитывается масса не только детали, но и всей установочной оснастки (патронов, призм, кондукторов). Наконец, критически важным является контроль момента нагрузки при эксцентриситете: при смещении центра масс заготовки относительно оси вращения превышение нормируемого производителем момента приводит к потере точности позиционирования, ускоренному износу червячных пар и аварийному отказу узла.

Таким образом, рациональный выбор поворотного стола, основанный на анализе технологических переходов и точном расчете массогабаритных характеристик заготовки, является залогом обеспечения требуемой точности обработки по 4 и 5 квалитетам согласно ГОСТ 30142-94 [1].

Библиографический список

1. ГОСТ 30142-94. Станки металлорежущие с ЧПУ. Столы поворотные. Нормы точности. — Минск: Межгос. совет по стандартизации, 1995. — 11 с.
2. Атапин В.Г. Моделирование несущей системы тяжелого поворотно-подвижного стола // Обработка металлов. — 2011. — № 3. — С. 27–34.
3. Милевский Э.Б. Автоматизация процессов индексирования: учебное пособие. — М.: Изд-во МГТУ «Станкин», 2003. — 120 с.

УДК 621.9

ПЕТРОВ Р.А., ШАТАГИН Д.А.

ВЛИЯНИЕ НАПРАВЛЕННОГО ПОДВОДА СОЖ К ЗАДНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ПЛАСТИН ТОРЦЕВОЙ ФРЕЗЫ НА ИХ ИЗНОС И ШЕРОХОВАТОСТЬ ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В условиях интенсификации процессов лезвийной обработки и ужесточения требований к качеству поверхностного слоя особое значение приобретает рациональная организация подачи смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) в зону резания. Традиционные схемы орошения, предусматривающие внешний подвод эмульсии к фронтальной части инструмента, не обеспечивают равномерного проникновения технологической среды в зону контакта задней поверхности пластины с обработанной поверхностью. Это приводит к повышению температурных градиентов, интенсификации адгезионно-усталостных процессов и преждевременному выкрашиванию режущей кромки.

Дополнительную сложность представляет дискретный характер взаимодействия твердосплавной пластины торцевой фрезы с заготовкой. При высокоскоростном фрезеровании время контакта единичного зуба с материалом крайне мало, что ограничивает эффективность конвективного теплоотвода при традиционном поливе. Недостаточное проникновение СОЖ в микрозазор между задней поверхностью и срезаемым припуском усугубляется действием центробежных сил, отбрасывающих жидкость от периферии инструмента.

В данном контексте особый интерес представляет направленный подвод СОЖ непо-

средственно к задней поверхности пластины через внутренние каналы фрезы с формированием ламинарных струй высокого давления. Реализация такой схемы позволяет обеспечить гарантированное попадание технологической среды в зону упругого последействия и трения задней поверхности по обработанной поверхности. Следствием выступает снижение фактической температуры в приконтактной области, уменьшение интенсивности диффузионного износа и стабилизация адгезионных процессов на затылочной грани.

Экспериментальные наблюдения свидетельствуют, что направленный подвод СОЖ к задней поверхности способствует сокращению величины износа по фаске лунки в 1,5-2 раза по сравнению с традиционным орошением. Помимо этого, стабилизация теплового режима положительно сказывается на формировании микрорельефа: снижается высота неровностей, уменьшается доля пластических оттеснений и наростообразования. Указанные эффекты наиболее выражены при обработке вязких коррозионно-стойких сталей, склонных к налипанию на заднюю поверхность.

Сказанное выше позволяет заключить, что целенаправленная доставка технологической жидкости к затылочной грани сменных многогранных пластин является эффективным инструментом управления теплоотводом в зоне фрезерования. Реализация такой схемы через внутренние магистрали инструмента обеспечивает устойчивое снижение градиентов температур в материале режущей части, что напрямую коррелирует с замедлением процессов разрушения инструментальной керамики и сохранением геометрии кромки. Экспериментальные данные свидетельствуют: при организации орошения задней поверхности фиксируется двукратное увеличение периода работоспособности оснастки, а также улучшается чистота обработанной плоскости - амплитуда микровыступов сокращается в среднем на четверть. Указанные закономерности особенно ярко проявляются при контакте с труднообрабатываемыми марками сталей, характеризующимися повышенной склонностью к адгезионному взаимодействию.

Предложенный метод не предполагает серьёзной перестройки металлорежущего оборудования и сводится к адаптации оправочной оснастки и гидравлической обвязки. Перспективным направлением дальнейших изысканий является оптимизация угла наклона струй, давления и расхода жидкости в зависимости от конкретной пары «инструмент - материал».

УДК 621.9

ПЕТРОВ Р.А., ШАТАГИН Д.А.

ПРИМЕНЕНИЕ 3D-СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ РЕВЕРС-ИНЖИНИРИНГА И ВОСПРОИЗВОДСТВА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В условиях цифровизации производственных систем и повсеместного внедрения аддитивных и субтрактивных технологий особую актуальность приобретает задача оперативного воспроизведения геометрически режущего инструмента, исходная конструкторская документация на который частично или полностью утрачена. Традиционные методы обмера, сопряжены с существенными временными затратами и сложностями привоспроизводстве фасонных поверхностейи микрорельефа режущей кромки.

Практика эксплуатации режущего инструмента в серийном и мелкосерийном производстве показывает, что его геометрические параметры в процессе износа и переточек претерпевают неконтролируемые изменения, что затрудняет прямое копирование физического образца. Дополнительную сложность вносит наличие дефектов эксплуатационного происхождения – сколов, наростов, пластических деформаций, – которые при воспроизводстве могут быть ошибочно интерпретированы как штатная геометрия.

В данном контексте применение технологий трёхмерного сканирования открывает новые подходы к решению задач реверс-инжиниринга инструментальной оснастки. Формирование облака точек высокой плотности с последующей триангуляцией и построением по-

лигональной модели позволяет с точностью до сотых долей миллиметра зафиксировать реальную макрогеометрию объекта. Последующая обработка полученных данных в системах CAD – удаление шумов, сглаживание, параметризация – даёт возможность восстановить номинальную геометрию, отделив аномалии износа от проектного облика.

Целесообразность обращения к методам трёхмерной оцифровки при решении задач реверс-инжиниринга режущего инструмента во многом определяется возможностью формирования его цифрового двойника на различных стадиях жизненного цикла. Сопоставление эталонной полигональной модели, зафиксированной в момент ввода инструмента в эксплуатацию, с набором сканов, полученных после каждой переточки или определённой наработки, позволяет перейти от субъективной визуальной оценки износа к количественному анализу изменения геометрии. В рамках такого подхода становится возможным вычисление интегральных показателей – объёма удалённого материала вдоль передней и задней поверхностей, смещения режущей кромки, изменения радиусов округления вершины – с точностью, недостижимой при использовании штатного измерительного инструмента. Полученные данные, в свою очередь, служат основой для построения эмпирических зависимостей между режимами резания, обрабатываемым материалом и интенсивностью деградации геометрических параметров. Это открывает перспективы не только для паспортизации фактического состояния инструмента, но и для прогнозирования остаточного ресурса, а также для автоматической корректировки траекторий при последующем восстановлении профиля на заточном оборудовании.

Таким образом, интеграция трёхмерного сканирования в цепочку реверс-инжиниринга режущего инструмента представляет собой эффективный инструмент оцифровки утраченной конструкторской информации. Это, в свою очередь, сокращает время технологической подготовки производства, повышает точность воспроизведения геометрически сложных форм и снижает зависимость от субъективного опыта оператора. Перспективным направлением дальнейших исследований является разработка автоматизированных методов фильтрации дефектов и последующего синтеза управляющих программ для оборудования с ЧПУ непосредственно на основе данных сканирования.

Подсекция 3.2

Автоматизация в машиностроении

УДК 371.388

ВОРОБЬЕВ А.Е., ДАВЫДОВ В.В., КУЛИКОВА Е.А.

АНАЛИЗ, ВЫБОР И ПРИМЕНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ САПР, КАК СРЕДСТВА АДАПТАЦИИ БУДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ МАШИНОСТРОЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время основной концепцией развития машиностроительного производства является организация производственных процессов с применением цифровых технологий на всех этапах жизненного цикла изделия на базе автоматизации проектирования и сквозной интеграция данных (CAD → CAM → CAPP → PDM → ERP). Поэтому для сокращения сроков адаптации выпускников на производстве актуальной является задача внедрения в обучение систем проектирования, позволяющих формировать понимание сквозного процесса конструкторско-технологической подготовки производства и PLM-подхода.

С целью выбора оптимального в условиях импортозамещения отечественного ПО были проанализированы наиболее известные и применяемые на предприятиях САПР конструкторско-технологической подготовки производства такие как СПРУТКАМ, ГеММа-3D, T-FLEX ЧПУ, ТЕХТРАН. В качестве основных критериев выбора были приняты:

- функционал системы;
- интеграция с CAD-системами;
- возможность параметрического моделирования;
- возможность формирования комплекта технологической документации в соответствии с действующими стандартами;
- симуляция обработки с визуализацией процесса.

Как показал анализ, каждой из перечисленных систем присущи как достоинства, так и недостатки, определяющие их область применения. Наиболее развитый функционал имеют системы СПРУТКАМ [1], ADEMCAM [2], T-FLEX ЧПУ [3] с возможностью программирования 5-ти осевой обработки на станках с ПУ и генерации УП для методов электрофизической обработки, расчета режимов резания и норм времени и формирования технологической документации. Также для этих систем характерна достаточно глубокая интеграция с CAD. При этом отличительной особенностью ADEMCAM является наличие в ее составе PDM-модуля, обеспечивающего структурированное хранение любых документов и управление данными изделия. Объединение модулей CAD, CAM, CAPP помогает студентам освоить полный цикл создания изделия от разработки чертежа до визуализации обработки детали и получить навыки автоматизированного управления проектами. А интеграция ADEMCAM и КОМПАС-3D открывает новые возможности для ее использования в учебном процессе.

Опыт применения системы ADEMCAM при изучении спецдисциплин, таких как «Технология машиностроение» и «Металлорежущие станки», в том числе и при курсовом проектировании, показал повышение заинтересованности студентов в освоении учебного

материала. К основным факторам относятся: формирование комплексного представления о конструкторско-технологической подготовке производства и навыков сквозного проектирования; приобретение навыков командной работы в едином информационном пространстве; понимание PLM-подхода; развитие инженерного творчества.

Библиографический список

1. SPRUTSPB.RU: сайт. - URL: sprutspb.ru/sprutcam/ – (дата обращения 12.04.2026). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
2. ADEM.RU: сайт. - URL: https://adem.ru/?ysclid=lvgg7xn7g584749733 – (дата обращения 12.04.2026). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
3. TFLEX.RU: сайт. - URL: www.tflex.ru/?ysclid=mo1ctl1w2w554670037 – (дата обращения 14.04.2026). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

УДК 621.865.8

ВОРОНИН К.А., КВАРТАЛОВ А.Р.

РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И КОЛЛЛАБОРАТИВНОГО РОБОТА С ОЦЕНКОЙ ТОЧНОСТИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ

Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева

В настоящее время автоматизация завершающих операций – упаковки и паллетирования хрупкой продукции – остается одной из наиболее трудоемких задач в стекольной промышленности. Использование ручного труда в таких задачах не только снижает производительность, но и увеличивает риск получения травмы. В таких условиях традиционные промышленные роботы, завязанные не жесткой программной логики, редко применимы из-за необходимости точного позиционирования каждого объекта на конвейере и их деликатного манипулирования [1]. Альтернативой служат роботизированные адаптивные ячейки на базе коллаборативных роботов с применением технического зрения и датчиками положения конвейерной ленты. Такой выбор объясняется возможностью комплекса работать с хрупкими объектами в условиях неопределённости позиционирования последних.

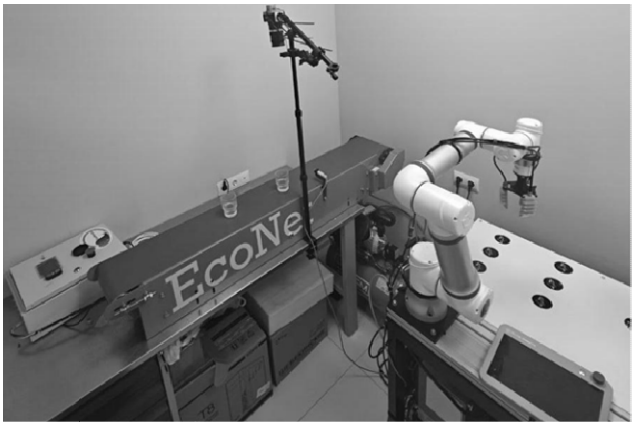


Рис.1. Внешний вид коллаборативной ячейки

Общий вид разработанной роботизированной ячейки представлен на рис. 1. Основу комплекса составляет коллаборативный робот с системой технического зрения и ленточный конвейер. Для инициализации цикла работы ячейки на конвейере установлен емкостной датчик, над которым фиксируется камера технического зрения. Для измерения перемещения ленты используется инкрементальный энкодер с прижимным механизмом, сигналы которого через счетчик импульсов передаются контроллеру робота.

Согласование работы устройств строится на сочетании дискретных сигналов и сетевых протоколов. При срабатывании ёмкостного датчика контроллер робота получает сигнал и выдаёт импульс на внешний триггер камеры [2]. Камера, получив изображение, вычисляет координаты центра стакана и передаёт их на контроллер по протоколу TCP/IP. Одновременно инкрементальный энкодер через счётчик импульсов и интерфейс RS-485 по протоколу ModbusRTU сообщает роботу текущее положение конвейера. Используя встроенную функцию отслеживания, робот автоматически корректирует траекторию, добавляя к полученным от камеры координатам смещение ленты, что позволяет захватывать стакан на ходу без остановки конвейера.

Испытания коллаборативной ячейки проводились в лабораторных условиях [3] при фиксированной скорости конвейерной ленты – 0,2 м/с. При проведении по 50 циклов захвата стаканы размещались на конвейере с произвольным интервалом. В результате проведения испытаний успешность захвата объекта составила 94%, а среднее отклонения центра пальцевого захвата от центра стакана не превысило 3 мм. Повреждений стеклянной продукции не зафиксировано, что подтверждает корректную работу роботизированной ячейки.

Разработанная роботизированная ячейка обеспечивает автоматический захват и упаковку стеклянной продукции, хаотично расположенной на конвейере. Это подтверждено результатами испытаний на надежность комплекса (94% успешных циклов). Внедрение подобных систем позволит существенно повысить производительность труда за счет исключения монотонных ручных операций, снизить долю брака, вызванную человеческим фактором, и улучшить условия работы персонала.

Библиографический список

1. **Иванов А. А.** Основы робототехники: учеб. пособие /А.А.Иванов; НГТУ им. Р.Е.Алексеева. Нижний Новгород, 2011. – 200 с.
2. **Михеев В. П.** Датчики и детекторы : учебное пособие / В. П. Михеев, А. В. Просандеев. – Москва : МИФИ, 2007. – 172 с.
3. **Умнов В. П.** Промышленные роботы и мехатронные системы: монтаж, наладка, испытания и обслуживание : учебное пособие / В. П. Умнов, А. А. Кобзев ; Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2021. – 304 с

УДК 004.7:681.5

ГОЛУБЕВ М.В., ЕГОРУШКИН Е.О., ГОЛУБЕВА М.В.

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ ИНТЕГРАЦИИ ЕДИНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСОМ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Современное автоматизированное производство насыщено оборудованием различных производителей – роботами, сварочными аппаратами, конвейерами, системами технического зрения. Каждый из них обладает собственным промышленным протоколом обмена данными

(ModbusTCP, ModbusRTU, PROFINET, MQTT, Ethernet и так далее). Такое разнообразие протоколов создаёт серьёзные трудности при построении единой системы управления и мониторинга[1]. Традиционным решением является применение аппаратных промышленных шлюзов, хотя оно сопряжено с дополнительными затратами на оборудование, монтаж и обслуживание, а также с рисками отказов, обусловленными человеческим фактором при подключении и настройке [2]. Альтернативой выступают программные шлюзы, функционирующие на стандартных вычислительных платформах и обеспечивающие гибкое преобразование протоколов с возможностью масштабирования и глубокой интеграции с информационными системами верхнего уровня.

В настоящей работе предложена архитектура универсального программного шлюза, агрегирующего данные от разнородного оборудования через единый интерфейс OPCUA. Архитектура включает три уровня: эмуляции устройств, уровень преобразования протоколов и уровень унифицированного доступа. Для отработки решений без использования реального оборудования разработаны эмуляторы промышленных устройств – робота KUKAKR6, сварочного аппарата BoschDeltaSpot и конвейерной системы. Эмуляторы реализованы на языке Python. Каждый эмулятор воспроизводит физические процессы: кинематику робота с учётом износа редукторов, тепловые режимы сварочного аппарата с дрейфом параметров, динамику конвейера с учётом загрузки и вибраций. Данные генерируются через собственный OPC-UA-сервер. На рис. 1 изображен результат подключения эмуляции к программе UaExpert.

#	SERVER	NODE ID	NODE PATH	DISPLAY NAME	VALUE	DATA TYPE	SOURCE TIMESTAMP	SERVER TIMESTAMP	STATUSCODE
1	@shluz	NS2|Numeric|62	conveyo/...rng_wear	bearing_wear	0.150023866494[1...	Double	14:26:17.328	14:26:17.328	Good
2	@shluz	NS2|Numeric|62	conveyo/...alignment	belt_misalignment	0.095023135767[3...	Double	14:26:17.328	14:26:17.328	Good
3	@shluz	NS2|Numeric|70	conveyo/...ency_stop	emergency_stop	false	Boolean	14:25:07.993	14:25:07.993	Good
4	@shluz	NS2|Numeric|66	conveyo/...nsumption	energy_consumption	0.000378104053[6...	Double	14:26:17.329	14:26:17.329	Good
5	@shluz	NS2|Numeric|59	conveyo/Status/load	load	0	Double	14:26:07.26[	14:26:07.26[	Good
6	@shluz	NS2|Numeric|60	conveyo/...otor_tem	motor_temp	25.523085710296[...	Double	14:26:17.328	14:26:17.328	Good
7	@shluz	NS2|Numeric|67	conveyo/Status/oee	oee	0.043955137922[73...	Double	14:26:17.329	14:26:17.329	Good
8	@shluz	NS2|Numeric|64	conveyo/...ion_hours	operation_hours	0.01924468[:6666[...	Double	14:26:17.329	14:26:17.329	Good
9	@shluz	NS2|Numeric|65	conveyo/...ansported	parts_transported	0	Int64	14:26:07.26[	14:26:07.26[	Good
10	@shluz	NS2|Numeric|71	conveyo/...et_faults	reset_faults	false	Boolean	14:25:07.993	14:25:07.993	Good
11	@shluz	NS2|Numeric|57	conveyo/Sta.../speed	speed	0.439513702787[...	Double	14:26:17.327	14:26:17.327	Good
12	@shluz	NS2|Numeric|68	conveyo/Status/start	start	false	Boolean	14:25:07.99[	14:25:07.99[	Good
13	@shluz	NS2|Numeric|56	conveyo/Status/state	state	running	String	14:26:07.26[	14:26:07.26[	Good
14	@shluz	NS2|Numeric|69	conveyo/Status/stop	stop	false	Boolean	14:25:07.993	14:25:07.993	Good
15	@shluz	NS2|Numeric|58	conveyo/...get_spee	target_speed	0.5	Double	14:26:07.26[	14:26:07.26[	Good
16	@shluz	NS2|Numeric|61	conveyo/S.../vibration	vibration	1.088029854[2643...	Double	14:26:17.328	14:26:17.328	Good

Рис. 1. Подключение к UaExpert

Центральный модуль преобразования (ядро шлюза) также реализован на Python. Он одновременно выступает в роли OPCUA-клиента (подключается к эмуляторам), MQTT-клиента, а также предоставляет собственный OPCUA-сервер для внешних систем SCADA и веб-интерфейс для оператора. Шлюз обрабатывает данные, управляет исполнительными механизмами (имитирует команды роботу и сварочному аппарату), ведёт статистику (OEE, количество деталей, брак) и журнал аварий, а также кнопки управления.

Экспериментальное исследование проводилось на виртуальном стенде в непрерывной работе в течение 4 часов с имитацией производственного цикла: загрузка детали конвейером, позиционирование робота, выполнение сварки, выгрузка. На рис. 2 изображен рабочий главный экран веб-интерфейса программного шлюза.

Рис. 2. Главный экран веб-интерфейса программного шлюза

Библиографический список

1. ГОСТ Р 71806-2024. Цифровая промышленность. Унифицированная архитектура OPC. Часть 1. Обзор и концепции. – Москва : Российский институт стандартизации, 2024. – 45 с.
2. Вольшлегер М., Заутер Т., Яспернайте Й. Будущее промышленной коммуникации: сети автоматизации в эпоху Интернета вещей и Индустрии 4.0 // IEEE IndustrialElectronicsMagazine (русскоязычная версия). – 2017. – Т. 11, № 1. – С. 17–27.

УДК 637.523.3

ИЛЬИНА А. К., ЕГОРУШКИН Е.О.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ И ВЫЗОВЫ ИНТЕГРАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ КНР В РОССИЙСКОЕ ПРОМЫШЛЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

С 2022 года российская промышленность проходит глубочайшую трансформацию: стремительный уход западных брендов (Siemens, Fanuc, Heidenhain) создал вакуум, который за четыре года был практически полностью заполнен оборудованием из Китая. Доля китайской продукции в импорте промышленного оборудования выросла с 10-12% в 2021 году до 43% в 2025 году, а по отдельным позициям – металлообрабатывающие станки с ЧПУ, промышленные роботы, датчики, контроллеры, спецтехника – превысила 70-90% [1,2].

Однако этот «восточный поворот» носит преимущественно экстенсивный, а не системный характер: компонентная база производств в своей основе остаётся западной, в то время как китайскими являются лишь отдельные станки или сменные узлы. Именно эта разнородность и порождает технологические вызовы при интеграции разнопланового оборудования в единую производственную линию. Основное внимание уделяется трем ключевым аспектам:

Во-первых, это «серый» импорт и отсутствие сервисного сопровождения. Множество поставок осуществляется через цепочки посредников, которые не несут юридической и

технической ответственности за состояние поставляемой продукции, что сильно усложняет ее последующую интеграцию в производственные линии [3]. Нередко оборудование, предназначенное для локального китайского рынка, требует глубокой доработки и «перепрошивки» на программном уровне, аналогично тому, как это происходит с некоторыми категориями потребительской электроники.

Вторая проблема – локализация. Значительные сложности, особенно при работе с малой промышленной автоматикой, создает языковой барьер и связанная с ним проблема русификации интерфейсов и документации. Техническая документация, схемы и интерфейсы программного управления часто поставляются исключительно на китайском языке, а машинный перевод не позволяет корректно интерпретировать технические нюансы. Это приводит к ошибкам при настройке, калибровке и эксплуатации устройств, порождая несовместимость при их сопряжении в единой системе управления [4].

Ну и третья ключевая проблема сегодня – не столько дефицит самого оборудования, сколько невозможность заставить устройства от разных китайских производителей работать как единая интегрируемая система. Особую сложность представляет подключение периферийного оборудования: датчики промышленной автоматизации демонстрируют проблемы с калибровкой, форматами данных и стабильностью связи при интеграции в верхние уровни АСУ ТП [5]. Системы технического зрения страдают от несовместимости интерфейсов и отсутствия драйверов, что напрямую снижает точность и надежность контроля качества.

Таким образом, на основе анализа открытых данных и производственных кейсов можно обобщенно сформулировать основные риски при интеграции китайского оборудования на производстве.

Библиографический список

1. **Лагутин С.** Отечественные станки продолжают занимать менее 2% доли российского рынка // ООО "Абирег", 2025.
2. **Клищ Я.** Год выбора: российская промышленность и китайский аналог // РБК Компании. – М., 2026.
3. **Винницкая Т.** Риски при ввозе оборудования из Китая. Что учесть импортеру и экспортеру // РБК Компании. 2025
4. **Шутов К.** Пора глобальной русификации китайского кабельного оборудования. Опыт ПОЛЮС ПЛЮС ИНЖИНИРИНГ // RusCable.ru, 2025.
5. Китайские системы: надежность мониторинга? // Компания ООО ШаньдунХэнсинь Электрооборудование 2026.

УДК 621.9

КАЗАКОВ А.Г.,АНОСОВ М.С., МИХАЙЛОВ А.М.

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА ПРИ ВЫБОРЕ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В условиях цифровизации машиностроительного производства и внедрения концепции «Индустрии 4.0» возрастает необходимость автоматизации процессов технологической подготовки производства. Особое значение в данной области приобретает выбор рациональных

режимов резания, оказывающий существенное влияние на производительность обработки, качество поверхности и стойкость инструмента.

На практике назначение режимов резания традиционно осуществляется на основе справочных данных, эмпирических зависимостей и инженерного опыта. Несмотря на широкое распространение таких подходов, они обладают рядом ограничений, связанных с недостаточной гибкостью и невозможностью учёта большого числа одновременно действующих факторов. В условиях современного производства, характеризующегося высокой вариативностью материалов, инструментов и условий обработки, это приводит к снижению точности выбора режимов и увеличению времени технологической подготовки.

Дополнительную сложность представляет нелинейный характер взаимосвязей между параметрами процесса резания, включая скорость резания, подачу, глубину резания, геометрию инструмента и физико-механические свойства обрабатываемого материала. Традиционные расчетные методы не всегда позволяют адекватно описать такие зависимости, что обуславливает необходимость поиска новых подходов к решению данной задачи.

В данном контексте особый интерес представляет применение методов искусственного интеллекта, в частности нейросетевых моделей. Использование нейросетей позволяет рассматривать задачу выбора режимов резания как задачу многопараметрического прогнозирования, в которой учитывается совокупность технологических факторов и их взаимное влияние. Такие модели обладают способностью к обучению на основе экспериментальных и производственных данных, а также к адаптации при изменении условий обработки.

Возможность интеграции нейросетевых алгоритмов в цифровые производственные системы открывает перспективы создания интеллектуальных инструментов поддержки принятия решений на этапе технологической подготовки. Это, в свою очередь, способствует повышению точности выбора режимов резания, снижению зависимости от субъективных факторов и повышению общей эффективности производственного процесса.

Особое внимание при этом представляет оценка точности нейросетевого подхода в сравнении с традиционными методами, а также анализ областей его наибольшей эффективности. Важным аспектом является также возможность практической реализации подобных решений в условиях реального производства и их интеграция в существующие системы автоматизированного проектирования технологических процессов.

Таким образом, применение нейросетевых технологий в задачах выбора режимов резания рассматривается как перспективное направление цифровизации технологической подготовки производства, способствующее переходу к более интеллектуальным и адаптивным производственным системам.

Библиографический список

1. Кабалдин Юрий Георгиевич, Желонкин Максим Викторович, Иванов Сергей Владимирович, Аносов Максим Сергеевич Нейросетевая модель управления контактными процессами при резании // Труды НГТУ им. Р. Е. Алексеева. 2025. №3 (150).
2. Мальцев Д.Б., Барабанова Е.А. Использование нейронных сетей для повышения эффективности управления станками с ЧПУ // Информационные технологии в промышленности. DOI: 10.18413/2518-1092-2016-1-3-52-56
3. Кабак, И.С. Методика применения аппарата нейронных сетей для решения задач диагностики процесса резания / И.С. Кабак, Н.В. Суханова, А.М. Гаделев II Вестник МГТУ Станкин. 2012. № 4 (23). С. 130-133.

УДК 621.9

КАЗАКОВ А.Г., АНОСОВ М.С., ЖИГАЛОВА Д.А.

ЦИФРОВИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА В УСЛОВИЯХ ИНДУСТРИИ 4.0

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В условиях цифровизации промышленности и развития концепции «Индустрии 4.0» особую значимость приобретает повышение эффективности использования режущего инструмента как одного из ключевых ресурсов механической обработки. Управление жизненным циклом инструмента становится важной составляющей технологической подготовки и сопровождения производства, напрямую влияя на производительность, себестоимость и качество изготавливаемых изделий.

Традиционные подходы к учёту и контролю режущего инструмента основаны на нормативных значениях стойкости, периодической замене и субъективной оценке его состояния оператором. Подобные методы не учитывают в полной мере реальные условия обработки, включая вариативность режимов резания, свойства обрабатываемых материалов и динамику износа инструмента.

В результате это может приводить как к преждевременному выводу инструмента из эксплуатации, так и к его переработке, сопровождающейся ухудшением качества поверхности и риском возникновения дефектов.

Современные цифровые технологии позволяют перейти к более гибким и адаптивным системам управления жизненным циклом режущего инструмента. В рамках такого подхода рассматривается формирование единого информационного пространства, объединяющего данные о параметрах обработки, режимах резания, состоянии инструмента и результатах контроля качества. Это создаёт предпосылки для непрерывного мониторинга и анализа эксплуатационных характеристик инструмента в режиме, близком к реальному времени.

Особое значение приобретает взаимосвязь процессов выбора режимов резания и управления ресурсом инструмента. Применение интеллектуальных методов, включая нейросетевые технологии, для определения рациональных режимов обработки позволяет учитывать влияние параметров резания на интенсивность износа инструмента. В свою очередь, данные о фактическом состоянии инструмента могут использоваться для корректировки режимов обработки, что формирует замкнутый контур управления технологическим процессом.

Дополнительные возможности открываются при интеграции систем управления инструментом с цифровыми производственными платформами, такими как системы ЧПУ, MES и CAD/CAM. Интеграция с системами числового программного управления позволяет получать данные о фактических режимах обработки, времени работы инструмента и параметрах технологического процесса непосредственно в ходе эксплуатации. Это обеспечивает более точный учёт наработки инструмента и формирует основу для оперативного контроля его состояния.

В рамках развития цифровых решений в данной области представляется целесообразным создание комплексной системы управления жизненным циклом режущего инструмента, включающей модули учёта инструмента, сбора статистических данных, анализа и прогнозирования ресурса, а также мониторинга оборудования. Такой подход позволяет реализовать непрерывное отслеживание параметров эксплуатации инструмента и повысить обоснованность принимаемых технологических решений.

Таким образом, цифровизация управления жизненным циклом режущего инструмента рассматривается как ключевой элемент формирования интеллектуальных производственных систем, обеспечивающих адаптивность, повышение эффективности использования ресурсов и устойчивость технологических процессов в условиях современного машиностроительного производства.

Библиографический список

1. Кабалдин Ю.Г., Шатагин Д.А., Кузьмишина А.М. Разработка цифрового двойника режущего инструмента для механообрабатывающего производства // Научный журнал. – 2018. – № 12. – С. 177–184. – DOI: 10.18411/lj-12-2018-177.
2. Искусственный интеллект и кибер-физические механообрабатывающие системы в цифровом производстве: монография / Ю.Г. Кабалдин [и др.]; под ред. Ю.Г. Кабалдина; Нижегород. гос. техн. унт им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2018. – 271 с
3. Кабалдин Ю.Г., Лаптев И.Л., Шатагин Д.А., Зотов В.О., Серый С.В. Интеллектуальные системы диагностики состояния оборудования и износа инструмента // Машиностроение: сетевой электронный научный журнал. 2014. № 2. с. 47-50.

УДК 621.9

КАЗАКОВ А.Г., ЖЕЛОНКИН М.В., МИХАЙЛОВ А.М.

ЦИФРОВИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ИНДУСТРИИ 4.0

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В условиях цифровизации машиностроительного производства и развития концепции «Индустрии 4.0» возрастает роль мониторинга технического состояния металлообрабатывающего оборудования как одного из ключевых элементов интеллектуальных производственных систем. Эффективный сбор и анализ данных о состоянии оборудования позволяют обеспечить повышение надежности, снижение внеплановых простоев и переход к обслуживанию по фактическому состоянию.

Традиционные подходы к контролю состояния оборудования, основанные на планово-предупредительных ремонтах и периодических измерениях, не учитывают в полной мере реальные условия эксплуатации и динамику изменения параметров. Это приводит либо к преждевременному выводу оборудования из эксплуатации, либо к возникновению отказов, не выявленных на ранней стадии. В современных условиях требуется переход к непрерывному мониторингу и интеллектуальному анализу данных.

Современные системы мониторинга представляют собой многоуровневые программно-аппаратные комплексы, включающие несколько взаимосвязанных уровней: уровень датчиков и оборудования, уровень сбора и первичной обработки данных, серверный уровень хранения и аналитики, а также уровень представления информации оператору. Такая архитектура обеспечивает непрерывный поток данных и возможность их комплексной обработки в режиме, близком к реальному времени.

На уровне оборудования используются различные типы датчиков, включая датчики вибрации, температуры, тока и нагрузки, а также данные от систем числового программного

управления. Вибродиагностика является одним из наиболее информативных методов контроля состояния, позволяя выявлять дефекты подшипников, шпиндельных узлов и других элементов оборудования на ранних стадиях их развития. Дополнительную информацию предоставляют данные о режимах резания, нагрузке на приводах и времени работы оборудования, получаемые непосредственно от систем ЧПУ.

Особое значение приобретает разграничение понятий мониторинга загрузки оборудования (MDC), производственного мониторинга (MES) и мониторинга технического состояния. Несмотря на внешнюю схожесть, данные процессы решают различные задачи и используют различные методы анализа. Смешение этих понятий, характерное для ряда практических решений, может приводить к некорректной интерпретации данных и снижению эффективности управления производственными процессами.

Перспективным направлением является применение методов машинного обучения и предиктивной аналитики, позволяющих автоматически выявлять диагностические признаки, классифицировать типы неисправностей и прогнозировать остаточный ресурс оборудования. Использование нейросетевых моделей позволяет учитывать нелинейный характер процессов и работать с зашумленными промышленными данными.

Дополнительные возможности открываются при интеграции систем мониторинга с цифровыми производственными платформами, включая системы ЧПУ, MES и ERP. Это обеспечивает формирование единого информационного пространства предприятия и позволяет реализовать сквозной контроль состояния оборудования на всех этапах его эксплуатации. В рамках данного подхода создаются предпосылки для формирования цифровых двойников оборудования, обеспечивающих моделирование и оптимизацию технологических процессов.

В отечественной практике разработан ряд систем мониторинга, таких как «Цифра. Диспетчер», Smart Diagnostics, «ОАК-Ресурс» и другие, которые реализуют различные подходы к сбору и анализу данных, включая методы вибродиагностики, статистического анализа и машинного обучения.

При этом остаются актуальными задачи повышения точности диагностики, стандартизации обмена данными и расширения доступности подобных решений для предприятий различного масштаба.

Таким образом, цифровизация мониторинга технического состояния металлообрабатывающего оборудования рассматривается как ключевое направление развития современных производственных систем, обеспечивающее повышение эффективности, надежности и адаптивности машиностроительных предприятий.

Библиографический список

1. Юркевич В.В., Схиртладзе А.Г., Борискин В.П. Жизненный цикл металлорежущих станков: мониторинг состояния. – Старый Оскол: ТНТ, 2022.
2. Джавадов Н.Г., Амиров А.М., Исмаилов В.М. Технические аспекты создания системы мониторинга металлорежущего оборудования с применением машинного обучения // Контроль. Диагностика. – 2024. – № 10. – С. 10–16.
3. Печенин В.А., Хаймович А.И. Разработка модуля мониторинга качества выполнения технологических операций для MDC-системы «Диспетчер» // Сборник трудов Всероссийского НТФ им. Н.Д. Кузнецова. – Самара, 2025. – С. 245–249.

УДК 621.9

КАЗАКОВ А.Г., ЖЕЛОНКИН М.В., ПЕТРОВ Р.А.

АРХИТЕКТУРА И ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В условиях цифровизации машиностроительного производства и развития концепции «Индустрии 4.0» особую значимость приобретает разработка эффективных систем мониторинга технического состояния металлообрабатывающего оборудования. Построение таких систем требует комплексного подхода, учитывающего как особенности технологических процессов, так и требования к обработке и анализу данных.

Современные системы мониторинга представляют собой многоуровневые программно-аппаратные комплексы, обеспечивающие непрерывный сбор, передачу и анализ информации о состоянии оборудования. Типовая архитектура таких систем включает несколько взаимосвязанных уровней: уровень датчиков и оборудования, уровень сбора и первичной обработки данных, серверный уровень хранения и аналитики, а также уровень представления информации оператору.

На первом уровне осуществляется сбор первичных данных с использованием различных типов датчиков, включая датчики вибрации, температуры, тока и нагрузки, а также данные от систем числового программного управления. Выбор состава датчиков определяется требованиями к диагностике и особенностями контролируемого оборудования. Наиболее информативным методом является вибродиагностика, позволяющая выявлять дефекты механических узлов на ранних стадиях их развития.

Второй уровень включает контроллеры сбора данных, осуществляющие аналого-цифровое преобразование сигналов, их фильтрацию и передачу на верхние уровни системы. На данном этапе важную роль играют надежность передачи данных и синхронизация информационных потоков.

Серверный уровень обеспечивает хранение, обработку и анализ данных, включая применение методов спектрального анализа и машинного обучения. Здесь формируются диагностические признаки, выполняется прогнозирование технического состояния и осуществляется поддержка принятия решений.

На уровне представления реализуется человеко-машинный интерфейс, обеспечивающий визуализацию состояния оборудования в виде мнемосхем, трендов и диагностических отчетов. Эффективность данного уровня напрямую влияет на оперативность и качество принимаемых решений.

Ключевыми принципами построения систем мониторинга являются комплексность сбора данных, интеграция с системами ЧПУ и уровнями MES/ERP, масштабируемость, адаптивность к изменяющимся условиям эксплуатации и возможность применения интеллектуальных методов анализа. Особое значение имеет формирование единого информационного пространства предприятия, обеспечивающего согласованную работу всех компонентов системы.

Таким образом, архитектура систем мониторинга металлообрабатывающего оборудования рассматривается как основа для создания интеллектуальных производственных систем, обеспечивающих повышение надежности, эффективности и устойчивости технологических процессов.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 72339–2025. Цифровая станкоинструментальная промышленность. Мониторинг технологического оборудования. Общие положения. – М.: Стандартинформ, 2025.
2. ГОСТ Р 27.607–2013. Надёжность в технике. Техническое обслуживание, основанное на контроле состояния. – М.: Стандартинформ, 2014.
3. Юркевич В.В., Схиртладзе А.Г., Борискин В.П. Жизненный цикл металлорежущих станков: мониторинг состояния. – Старый Оскол: ТНТ, 2022.
4. Джавадов Н.Г., Амиров А.М., Исмаилов В.М. Технические аспекты создания системы мониторинга металлорежущего оборудования с применением машинного обучения // Контроль. Диагностика. – 2024. – № 10. – С. 10–16.

УДК 621.865.8

КАЛЮЖНОВ Е.Я.

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ГРУЗОВОГО РОБОТА ДЛЯ РАБОТЫ СО СТАНДАРТНЫМИ ПОДДОНАМИ ГОСТ 33757-2016

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Современные складские комплексы предъявляют всё более высокие требования к скорости, безопасности и продуктивности выполнения погрузочно-разгрузочных работ. Рост объёмов товарооборота, стремление к оптимизации логистических процессов и снижению доли ручного труда обуславливают активное внедрение автоматизированных и роботизированных систем. Именно эти условия способствуют идее разработки отечественной мобильной грузовой платформы для работы со стандартными в России поддонами ГОСТ 33757–2016.

Деревянные поддоны, стандартизированные в Российской Федерации в соответствии с ГОСТ 33757–2016, являются одним из ключевых элементов складской инфраструктуры. Они используются для размещения, хранения и транспортировки широкого спектра грузов и представляют собой базовую единицу складской логистики.

Традиционно перемещение деревянных поддонов на складах осуществляется с применением вилочных погрузчиков, гидравлических тележек или штабелеров. Несмотря на широкое распространение, подобные средства требуют присутствия оператора, характеризуются высокой зависимостью от человеческого фактора и могут создавать повышенные риски травматизма. В то же время автоматизация складских процессов позволяет повысить производительность труда, снизить эксплуатационные расходы, обеспечить интеграцию с цифровыми системами управления складом (WMS), повысить уровень безопасности.

Робот, изначально спроектированный для работы со стандартными деревянными палетами EUR/FIN и другими типовыми палетами, используемыми обычными вилочными погрузчиками, может иметь ряд принципиальных преимуществ по сравнению со стандартными складскими AMR, особенно в контексте универсальности, стоимости внедрения и совместимости с существующей инфраструктурой.

Главное преимущество такого робота заключается в полной совместимости с уже существующей складской экосистемой. Большинство современных складов построены вокруг стандартной палетной логистики: стеллажи рассчитаны на деревянные палеты, транспортировка осуществляется вилочными погрузчиками, гидравлическими тележками и конвейерами. Робот, способный напрямую забирать и размещать обычные палеты без

использования специальных поддонов, контейнеров или мобильных стеллажей, не требует перестройки складской инфраструктуры. В отличие от систем типа Kiva или Grey Orange, где необходимо внедрение специальных стеллажей и зон, такой робот может быть интегрирован постепенно и точечно, без остановки операционной деятельности.

За основу при проектировании робота был взят метод SLAM (Simultaneous Location and Mapping) – метод, позволяющий автономным системам одновременно определять свое местоположение и строить карту окружающей среды. Это позволяет с относительно небольшими затратами внедрять робота в складскую среду – не требуются маркеры на поверхностях склада для обозначения заранее определённого маршрута.

УДК 004.94

КАЩЕЕВА Д.Д.

РАЗРАБОТКА ПОДХОДА К АВТОМАТИЗАЦИИ ПОИСКА ОПТИМАЛЬНОГО КРЫЛОВОГО ПРОФИЛЯ С ИНТЕГРАЦИЕЙ В CFD-СИСТЕМЫ

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) самолетного типа находят широкое применение в гражданских и специальных задачах. Эффективность их миссий напрямую зависит от энергоэффективности, определяемой аэродинамическим совершенством несущих поверхностей. Профиль крыла формирует подъемную силу и сопротивление, а, следовательно, дальность и продолжительность полета. Повышение аэродинамического качества позволяет увеличить время барражирования, расширить радиус действия и снизить требования к энергоустановке, что критически важно для аппаратов с ограниченной массой.

Для этого разрабатываются методы популяционной оптимизации, осуществляющие глобальный поиск в многомерных пространствах без вычисления градиентов. В основе метода [1] – интеграция вязко-невязкого взаимодействия с генетическими алгоритмами. В качестве параметров берутся формы профилей NACA4, CST и PARSEC, что расширяет поиск за счет разных способов задания формы. Аэродинамические расчеты включают решение невязкой составляющей панельными методами, а вязкой – через интегральные уравнения пограничных слоев, что позволяет получить коэффициенты подъема и сопротивления с учетом ламинарных и турбулентных режимов. Целевая функция – комбинация дальности и длительности полета с учетом разных режимов. Испытания показали улучшение аэродинамической эффективности: у профилей NACA – на 4,6 %, CST – на 10,7 %, PARSEC – на 3,1 %. Лучший результат у CST благодаря низкому сопротивлению.

Несмотря на эффективность интегрированного метода в параметрическом поиске, его применение ограничено гипотезами потенциального течения и интегральными моделями пограничного слоя, которые не разрешают пространственную структуру отрывных течений. Для верификации на финальной стадии целесообразно использовать полноразмерное численное моделирование (например, STAR-CCM+), позволяющее точно определить силы и вихревую структуру.

Основная проблема при реализации описанного подхода – разрыв между средами оптимизации и высокоточного моделирования. На этапе оптимизации применяется упрощенная аэродинамическая модель, ориентированная на быстрый перебор вариантов, тогда как верификация осуществляется с помощью полноразмерного CFD-пакета STAR-CCM+, требующего сложной настройки сетки, моделей турбулентности и граничных условий. Отсутствие автоматизированной связи вынуждает ручной перенос геометрии и повторную

настройку, что увеличивает временные издержки и риск ошибок. Это особенно заметно при работе с несколькими семействами параметрических профилей. Решение – создание программного модуля автоматизированного сопряжения, который импортирует параметры геометрии, генерирует модель для STAR-CCM+, создает адаптивную расчетную сетку, настраивает решатель и обеспечивает сбор и передачу результатов. Внедрение такого модуля автоматизирует весь процесс: от глобального поиска до высокоточного уточнения без участия инженера в промежуточных операциях. Разработка ориентирована на конструкторов БПЛА, сокращая рутинные операции и снижая риск ошибок.

---

1. Катаева Л. Ю., Вольников Р. М. Оптимизация профиля крыла БПЛА на основе метода вязко-невязкого взаимодействия и генетического алгоритма // Труды НГТУ им. Р. Е. Алексеева. 2025. №4 (151). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-profilya-kryla-bpla-na-osnove-metoda-vyazko-nevyazkogo-vzaimodeystviya-i-geneticheskogo-algoritma (дата обращения: 01.04.2026).

УДК: 65.011.56

КОРОБЕЙНИКОВА Д. К., ФЕДОСОВА Л.О.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОПРОСА ДАТЧИКОВ АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПАРКОВКИ ЛЁГКИХ КОММЕРЧЕСКИХ АВТОМОБИЛЕЙ

Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева

В современном автомобилестроении системы помощи водителю (ADAS) становятся неотъемлемым элементом не только легковых, но и коммерческих автомобилей. Для отечественных LCV, таких как, например, Соболь NN, актуальна задача создания экономически эффективной системы парковки, не зависящей от дорогостоящего программного обеспечения сторонних разработчиков.

Ключевым элементом системы автоматической парковки являются ультразвуковые датчики, работающие по принципу эхолокации. Базовый метод измерения расстояния через однократное излучение и приём сигнала обладает существенными недостатками: в условиях акустических помех и сложных форм объектов погрешность может достигать 80%.

Для повышения точности была предложена многодатчиковая схема с фазовым опросом и кооперативным режимом работы датчиков (излучатель-приёмник + соседний приёмник). Расчёт расстояния выполняется геометрически через формулу Герона на основе построения треугольника с известными сторонами (база между датчиками и два измеренных расстояния до объекта).

Реализован циклический алгоритм опроса с периодом 64 мс, разделённый на четыре фазы по 16 мс. Каждая фаза соответствует активации определённой пары датчиков (левая, центральная, правая). Эхо в конкретной фазе однозначно определяет локализацию препятствия относительно автомобиля.

Разработан адаптивный режим расчёта: при одном датчике, получившем сигнал, используется классическая формула, при двух – триангуляция по Герону, при трёх – попарное объединение с выбором минимального ненулевого значения (принцип безопасности). Предложенная схема снижает погрешность до 5–7% при времени реакции не более 80 мс.

Разработанная система позволяет снизить зависимость от иностранных разработчиков, сократить себестоимость оснащения автомобилей и заложить основу для внедрения функций экстренного торможения и автоматической парковки.

Библиографический список

1. Комзалов А.М., Шилов Н.Г. Применение современных технологий в системах помощи водителю автомобиля // Изв. вузов. Приборостроение. 2017. Т. 60. №11. С.1077-1082.
2. Алекса М., Шауб А., Эрделеан И. и др. Анализ влияния усовершенствованных систем помощи водителю (ADAS) на безопасность дорожного движения // Eur. Transp. Res. Rev. 2024. №16. С.39.
3. Ермаков В.В. Система обнаружения препятствий при парковке автомобиля // CETERISPARIBUS. 2015. №5.
4. Пономарев Д.В., Дуганова Е.В. Ультразвуковые парковочные радары автомобиля // Материалы X Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум».
5. Базыкин С.Н., Урваев И.Н. Ультразвуковой дальномер для системы обнаружения препятствий при движении мобильного робота // Известия вузов. Поволжскийрегион. Техническиенауки. 2022. №4. С.97–107.
6. Мясникова Н.В., Боряк С.В., Мясникова М.Г. Обработка сигналов в системах ультразвуковой локации объектов для закрытых помещений // Известия вузов. Поволжскийрегион. Техническиенауки. 2019. №4 (52).
7. Бондарь М.Н., Лаптева А.Д., Буднов С.А. Триангуляционный лазерный дальномер // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2017.

УДК 621.865.8, 004.932

КУЗНЕЦОВА К.А., КВАРТАЛОВ А.Р.

РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОЛЛАБОРАТИВНЫМ РОБОТОМ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева

Высокая зависимость упаковочных процессов от человеческого фактора, особенно при обращении с хрупкой продукцией, делает неизбежным переход квнедрению роботизированных систем. В свою очередь, для роботов, вынужденных функционировать в непрерывно меняющихся условиях конвейерной линии, важнейшим требованием выступает адаптивность – способность самостоятельно определять актуальное положение объекта и мгновенно корректировать свои действия без остановки технологического процесса.

Так, на дочернем предприятии Борского стекольного завода потребовалось автоматизировать съём стеклянных изделий с конвейера и их укладку в тару, исключив ручной труд. Для решения этой задачи была разработана роботизированная ячейка в составе коллаборативного робота [1], ленточного конвейера, ёмкостного датчика, инкрементального энкодера, счётчика импульсов, промышленного компьютера и камеры технического зрения. Ключевым элементом, обеспечивающим адаптивность, выступает система технического зрения, которая распознаёт продукцию и определяет её координаты в режиме реального времени.

Функционирование системы технического зрения запускается ёмкостным датчиком, размещённым в рабочей зоне камеры. При попадании стеклянного стакана в контролируемую

область датчик генерирует дискретный сигнал, принимаемый контроллером робота. В ответ контроллер формирует импульс на внешний триггер промышленной камеры. Камера, работающая в режиме одиночного захвата, выполняет съёмку одного кадра и передаёт его на промышленный компьютер. Полученные данные представляют собой массив пикселей с байеровской цветовой кодировкой. Программный модуль на Python с библиотекой OpenCV [2] преобразует массив в стандартное цветовое пространство. Для ослабления помех, обусловленных нестабильностью освещения, применяется медианная фильтрация. Далее изображение переводится в полутоновый формат, после чего выполняется поиск окружности, аппроксимирующей верхнюю кромку стакана. Используемое преобразование Хафа [3] устойчиво к частичной затенённости, изменению яркости и прозрачности материала. На выходе получаются координаты центра окружности в пиксельной системе отсчёта (x, y). Для визуального контроля на исходное изображение наносится контур обнаруженной окружности и её центр (рис.1), после чего кадр сохраняется в отдельную папку с временной меткой, что позволяет оператору отслеживать корректность детекции. Посредством калибровки «рука–глаз» устанавливается взаимно-однозначное преобразование пиксельных координат в мировую систему координат манипулятора. Пересчитанные значения передаются контроллеру робота по протоколу TCP/IP через Ethernet. Одновременно контроллер опрашивает инкрементальный энкодер для получения актуального смещения ленты, что позволяет корректировать целевую точку с учётом движения конвейера. Таким образом, система обеспечивает автономное распознавание стеклянных изделий и определение их координат в реальном времени, что служит входными данными для последующего захвата роботом.

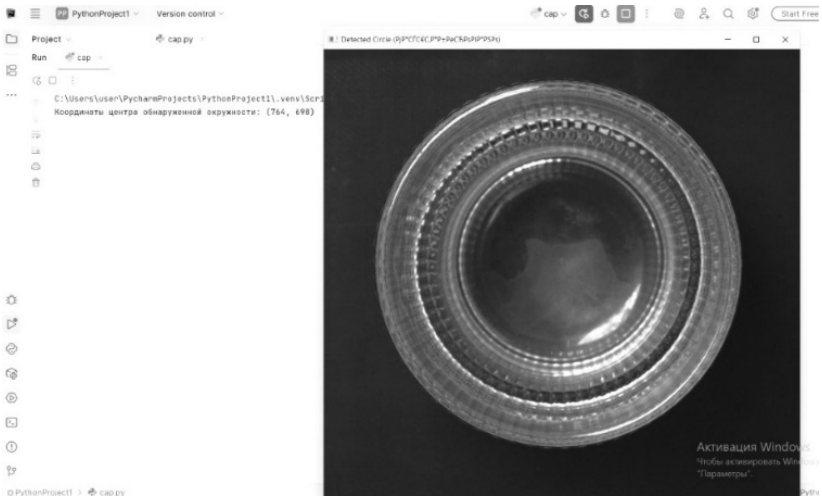


Рис.1. Результат детекции стакана с выделением контура и центра

Разработанная роботизированная ячейка благодаря своей адаптивности полностью исключает ручной труд при обращении с хрупкой стеклянной продукцией, что снижает риск повреждения изделий, увеличивает производительность и повышает стабильность производственного процесса.

Библиографический список

1. **EliteRobotsКоллаборативные роботы серии CS [Электронный ресурс]** // Режим доступа: https://ru.eliterobots.com/series/cs (дата обращения: 14.04.2026).
2. **Гарсия, Г.Б.** Обработка изображений с помощью OpenCV / Г.Б. Гарсия, О.Д. Суарес, Х.Л.Э. Аранда и др.; пер. с англ. А.А. Слинкина. – М.: ДМК Пресс, 2016. – 210 с.

3. **Кудрина, М.А.** Использование преобразования Хафа для обнаружения прямых линий и окружностей на изображении / М.А. Кудрина // Известия Самарского научного центра РАН. – 2014. – Т. 16, № 4(2). – С. 476–478.

УДК 621.865.8

КУЗНЕЦОВА А.Р., ЗОЛОТОВ А.В.

АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ НАНЕСЕНИЯ БИГОВОЧНЫХ ЛИНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОСЕТЕВОЙ МОДЕЛИ

Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева

Современные тенденции развития автоматических производств требуют внедрения интеллектуальных решений для повышения качества выпускаемой продукции. Одной из актуальных проблем является контроль правильности нанесения биговочных линий (линий сгиба) на инструкции, вкладываемые в упаковки таблеток. Данная работа посвящена разработке автоматизированной системы контроля, использующей нейросетевые технологии для повышения точности и скорости проверки соответствия ГОСТ 33781-2016 [1].

Предложенная методика отличается внедрением глубокого обучения и компьютерного зрения для автоматического анализа изображений инструкций. Архитектура, которая будет использоваться, сверточной нейронной сети (CNN) способна эффективно обнаруживать дефекты биговочных линий (линий сгиба), определять их местоположение и оценивать степень отклонения от нормативных требований [3]. Важнейшим отличием является интеграция системы технического зрения непосредственно в производственный цикл, что позволяет осуществлять непрерывный мониторинг качества продукции в режиме реального времени [3]. В комплекс будут входить следующие компоненты: промышленный сканер с разрешением, достаточным для определения мельчайших отклонений, ПО на основе CNN-модели, и разработанный интерфейс оператора, обеспечивающий наглядное отображение результатов проверки и формирование отчета о несоответствиях [2,3]. Процесс функционирования системы будет выглядеть следующим образом: оператор размещает сложенную инструкцию под камеру сканера, подтверждает правильность позиционирования изделия, далее производится сканирование поверхности с последующим преобразованием изображения в цифровой формат, после этого нейросеть осуществляет анализ полученного изображения и выводит отчет о результатах проверки. Основными преимуществами такого предложения будет являться исключение субъективизма, связанного с человеческим фактором, интеграция с существующими линиями производства без существенных изменений технологических процессов и высокая точность идентификации дефектов, благодаря обучению нейросети на большом количестве примеров.

Библиографический список

1. ГОСТ 33781-2016. Упаковка потребительская из картона, бумаги и комбинированных материалов. Общие технические условия. – Введ.: 01.05.2017.
2.Смирнов Л.И., Сергеев Б.Н. Компьютерное зрение в контроле качества полиграфической продукции. Москва: Полиграфия, 2021. 240 с.

3.Федоров П.Р., Игнатьев С.Ю. Практическое применение сверточных нейронных сетей в системах технического зрения. Санкт-Петербург: Политех, 2020. 230 с.

УДК 681.513.2, 681.518.3

КУЧИН Д. А., ФЕДОСОВА Л.О.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОТОКОЛОВ ОБМЕНА ДАННЫМИ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМАХ ПРОМЫШЛЕННОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Централизованное программное управление является основой современной автоматизации, обеспечивая высокую надежность и прозрачность производственных процессов. В распределенных системах стандартного мониторинга часто недостаточно, поэтому необходима архитектура, гарантирующая глубокую инструментальную верификацию связи. Использование отечественных контроллеров ПЛК210 в связке с открытыми технологиями связи позволяет создать отказоустойчивую среду, минимизирующую риски цифровых ошибок и дорогостоящих простоев оборудования.

В промышленной среде ключевую роль играют три различных подхода к обмену данными. ModbusTCP обеспечивает надежную связь ПЛК с периферией за счет механизмов подтверждения доставки данных, что делает его стандартом для управления приводами и модулями ввода-вывода. UDP незаменим в задачах реального времени, где высокая скорость обмена приоритетнее гарантии получения каждого пакета. В свою очередь, архитектура OPCUA выступает универсальным связующим звеном между оборудованием и IT-системами, обеспечивая сквозную безопасность и работу со структурированными объектами.

Проектируемая система автоматизации построена по звездообразной топологии (рис. 1), где центральный контроллер ПЛК210 (сервер) координирует работу пяти периферийных узлов – двух пневмостендов, двух гидростендов и блока датчиков – посредством сети Ethernet.

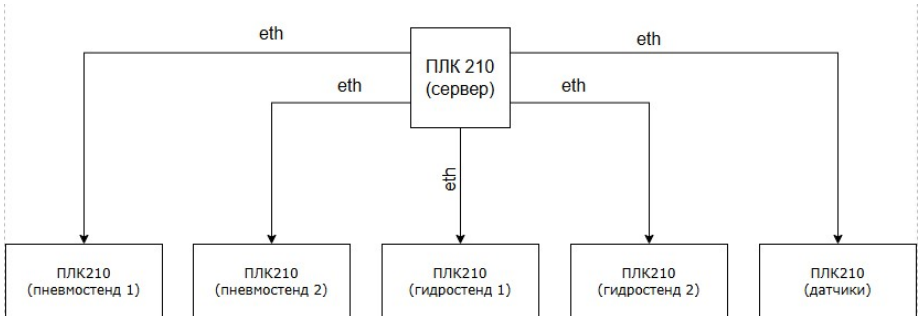


Рис. 1. Схема информационного взаимодействия

В качестве примера локального управления выступает гидраврический стенд (рис. 2), где ПЛК210 через гидрораспределители управляет двумя гидроцилиндрами, питаемыми общим насосом. Система обратной связи включает конечные выключатели для первого цилиндра, а также лазерный датчик и реле давления для второго.

При проектировании системы управления распределенными стендами ключевым этапом стал выбор протоколов обмена данными, обеспечивающих баланс между скоростью,

надежностью и открытостью архитектуры. В рамках работы реализован двухуровневый подход к организации сетевого взаимодействия.

Полевой уровень и межузловое взаимодействие (ModbusTCP): Для передачи критически важных сигналов от концевых выключателей и управления гидравлическими исполнительными механизмами был выбран протокол ModbusTCP. Несмотря на наличие альтернатив в виде UDP, часто применяемых в высокоскоростных задачах, для управления гидравликой определяющим фактором является детерминированность и гарантия доставки пакетов.

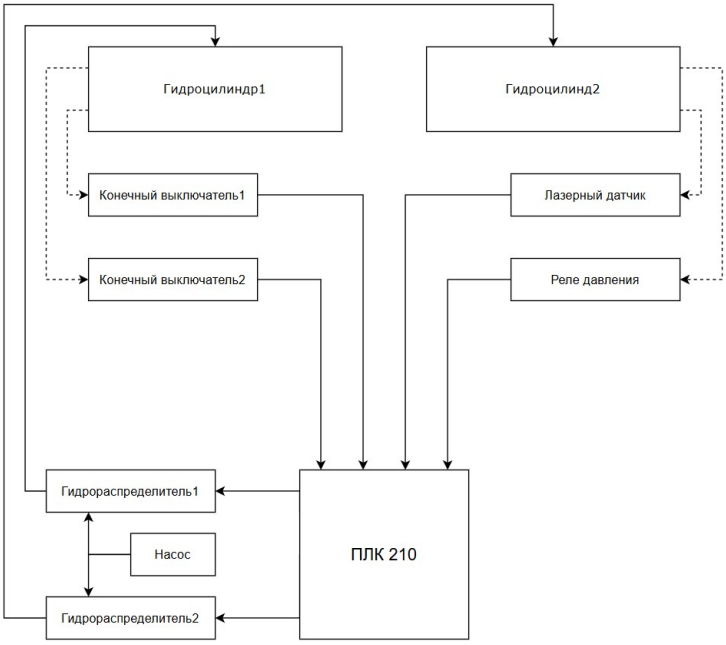


Рис. 2. Структурная схема гидростенд 1

Интеграция с верхним уровнем и диспетчеризация (OPCUA): В отличие от классических схем с использованием выделенного внешнего OPC-сервера на базе ПК, в данном проекте реализована концепция встроенного в ПЛК сервера. В то время как ModbusTCP эффективно решает задачи «жесткого» реального времени на полевом уровне, для связи со SCADA-системой (например, Master SCADA) применен протокол OPCUA.

Такое разделение функций позволяет:

- исключить «единую точку отказа»: прямой сбор данных контроллером по ModbusTCP делает работу стендов независимой от состояния Windows-серверов;
- обеспечить масштабируемость: встроенный OPCUA сервер предоставляет SCADA-системе доступ к объектной структуре тегов с метаданными, упрощая интеграцию в информационную сеть предприятия без необходимости ручной адресации регистров.

Разработанная архитектура превращает разрозненные стенды в единый программно-управляемый комплекс, где надежность сбора данных обеспечена прямой реализацией TCP-соединений, а также есть возможность последующей передачи данных в SCADA-систему.

---

1. *Руководство по эксплуатации ПЛК210.* Программируемый логический контроллер. – ПО «ОВЕН», 2023.

УДК 621.865.8

ЛАПТЕВ А.Д.

РАЗРАБОТКА УЧЕБНОГО РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ СОРТИРОВКИ ОБЪЕКТОВ

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

В условиях активного внедрения автоматизированных систем в промышленности возрастает потребность в подготовке специалистов, обладающих практическими навыками работы с робототехническими комплексами. Одним из эффективных способов обучения является использование учебных установок, моделирующих реальные производственные процессы, в частности задачи автоматической сортировки объектов.

Целью данной работы является разработка учебного робототехнического стенда, предназначенного для демонстрации принципов функционирования автоматизированной системы сортировки. Для достижения поставленной цели были решены задачи проектирования механической конструкции манипулятора, разработки системы управления, интеграции датчиков и элементов технического зрения, а также реализации алгоритма сортировки объектов.

Разработанный комплекс представляет собой совокупность взаимосвязанных компонентов, включающих роботизированный манипулятор, систему управления, конвейерную платформу и средства обнаружения объектов. В качестве исполнительного устройства используется пятиосевой манипулятор последовательного типа, обеспечивающий необходимую подвижность и точность позиционирования. Проектирование конструкции описано в работе [1].

При разработке конструкции учитывались ограничения, связанные с нагрузкой на сервоприводы, массой звеньев и устойчивостью системы. Это позволило обеспечить надежную работу комплекса при выполнении операций захвата и перемещения объектов.

Система управления реализована на базе микроконтроллера Arduino. Для организации управления несколькими сервоприводами использован модуль PCA9685, обеспечивающий формирование ШИМ-сигналов. Применение данного решения позволило повысить стабильность функционирования системы и снизить нагрузку на основной контроллер.

Функционирование комплекса осуществляется совместно с конвейерной платформой, обеспечивающей подачу объектов в рабочую зону. В зоне обработки установлены датчик присутствия и камера, позволяющие фиксировать появление объектов и выполнять их анализ. После обнаружения объекта система технического зрения осуществляет его распознавание, на основании чего формируется управляющее воздействие. Далее манипулятор выполняет захват объекта и его перемещение в соответствующую область сортировки.

В результате выполнения работы был создан действующий прототип учебного робототехнического стенда, реализующий базовые функции автоматизированной сортировки.

---

1. Лаптев, А. Д. Разработка конструкции и системы управления стационарного робота / А. Д. Лаптев, О. В. Егоркин // Социально-экономические и технические проблемы оборонно-промышленного комплекса России: история, реальность, инновации : Сборник статей по материалам IX Всероссийской научно-практической конференции, Арзамас, 11–12 апреля 2023 года. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, 2023. – С. 387-393. – EDNBGZRIA.

УДК 004.89

ЛИСИН М.С.

ОБЗОР ПРИМЕНЯЕМЫХ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ЗАДАЧАХ ВЫЯВЛЕНИЯ ДЕФЕКТОВ МИКРОСВАРКИ

Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева

В задачах контроля качества микросварки традиционные методы анализа постепенно заменяются алгоритмами машинного обучения, способными автоматически выявлять дефекты по данным различной природы. Проведенный обзор литературы показывает, что современные подходы можно условно разделить на классические методы машинного обучения и методы глубокого обучения, а также их гибридные варианты.

Ранние подходы основывались на извлечении признаков и их классификации. В таких системах изображения сварных соединений предварительно сегментируются, после чего рассчитываются текстурные, геометрические и статистические признаки. Далее применяются классификаторы, такие как SVM или случайный лес. Особо подчеркивается зависимость качества модели от выбранных признаков и ограниченная способность к обобщению [1]. Тем не менее, такие методы остаются актуальными при небольших выборках и ограниченных вычислительных ресурсах.

С развитием вычислительных мощностей основное внимание сместилось к глубокому обучению. Сверточные нейронные сети стали базовым инструментом анализа изображений сварных соединений. Они автоматически извлекают признаки и позволяют достигать высокой точности классификации дефектов, превышающей 95 процентов в ряде задач [2]. В работе [3] показано, что CNN эффективно выявляют дефекты на рентгеновских изображениях, учитывая сложную структуру и низкий контраст дефектов. Это особенно важно для микросварки, где дефекты имеют малые размеры и слабую выраженность.

Отдельное направление связано с задачами детекции и сегментации дефектов. В современных исследованиях активно применяются архитектуры objectdetection и semanticsegmentation. Они позволяют не только классифицировать дефект, но и локализовать его на изображении. На примере задачи по распознаванию дефектов на рентгеновских снимках отмечается значительный прогресс таких методов по сравнению с классическими подходами [4].

В последние годы появляются модели на основе трансформеров и гибридных архитектур. Например, предложенный lightweightDETR-подход ориентирован на работу в условиях ограниченных ресурсов и обеспечивает эффективную детекцию сложных дефектов различного масштаба [5]. Такие модели перспективны для внедрения в системы реального времени.

Таким образом, можно сделать вывод, что выбор метода зависит от доступных данных и требований к системе. Классические алгоритмы подходят для простых задач и малых выборок, тогда как глубокие и гибридные модели обеспечивают более высокую точность и устойчивость при анализе сложных дефектов микросварки.

Библиографический список

1. A review of algorithms for surface defect detection in welds based on machine learning // Expert Systems with Applications. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417425038035(дата обращения: 17.04.2026).

2. Deep learning approaches for weld defect detection: A comprehensive review // Computers in Industry. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036083522500871X(дата обращения: 17.04.2026).
3. Wang X., Zhang Y., Liu H. Image analysis of the automatic welding defects detection based on deep learning // Journal of Nondestructive Evaluation. URL: https://link.springer.com/article/10.1007/s10921-023-00992-4(датаобращения: 17.04.2026).
4. A comprehensive review of welding defect recognition from X-ray images // Journal of Manufacturing Processes. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1526612525001823(дата обращения: 17.04.2026).
5. Lightweight DETR algorithm for X-ray weld defect detection // Scientific Reports. URL: https://www.nature.com/articles/s41598-025-25916-2(датаобращения: 17.04.2026).

УДК 621.791

ЛУКОЯНОВ А.В.

КОНЦЕПЦИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОСВАРОЧНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Современные тенденции развития микроэлектроники и приборостроения предъявляют повышенные требования к качеству и точности процессов микросварки. В этих условиях традиционные методы управления сварочным оборудованием оказываются недостаточно эффективными вследствие высокой чувствительности процессов к внешним возмущениям и нестабильности технологических параметров. Решением данной проблемы является разработка интеллектуальной системы управления микросварочным оборудованием (ИСУМО), способной обеспечивать адаптацию к изменяющимся условиям производства.

Концепция ИСУМО основана на интеграции методов искусственного интеллекта, адаптивного управления и цифровой обработки сигналов. Основной задачей системы является обеспечение стабильного качества сварного соединения за счет автоматической коррекции параметров процесса в режиме реального времени. К числу управляемых параметров относятся сварочный ток, длительность импульса, давление электрода и температура зоны сварки.

Структурно интеллектуальная система должна включать подсистему мониторинга, блок анализа данных, базу знаний и модуль принятия решений. Подсистема мониторинга осуществляет сбор информации с датчиков, включая информацию о температуре и токе, а также визуальный контроль. Блок анализа реализует обработку сигналов и выделение информативных признаков, характеризующих качество сварного соединения. База знаний формируется на основе экспериментальных данных и экспертных оценок, а модуль принятия решений реализует алгоритмы выбора оптимальных режимов сварки.

Важной особенностью ИСУМО является применение методов машинного обучения и нечеткой логики для оценки качества сварного соединения при отсутствии полной информации. Это позволяет учитывать нелинейный характер процессов микросварки и снижать влияние случайных факторов. Кроме того, использование нейросетевых моделей может обеспечить возможность прогнозирования дефектов на ранних стадиях формирования соединения.

Практическое внедрение интеллектуальных систем управления микросварочным оборудованием способствует повышению надежности изделий, снижению брака и увеличению производительности технологических процессов. Особенно актуально применение ИСУМО в

производстве микроэлектронных компонентов, медицинских приборов и высокоточных сенсорных устройств.

Таким образом, предложенная концепция интеллектуальной системы управления микросварочным оборудованием позволяет обеспечить высокий уровень автоматизации и адаптивности технологического процесса.

Библиографический список

1. Евтифеев П. И. Стыковая микросварка. Технология и оборудование. – Л.: Машиностроение, 1977. – 256 с.
2. Семистенов Д. А. Микропроцессорное управление сварочными системами. – М.: Учебная литература, 2013. – 320 с.
3. Díaz-Cano I., Martín-Gómez A., Pérez J. Online programming system for robotic welding in Industry 4.0 // arXiv.org. – 2021. – Режимдоступа: https://arxiv.org/abs/2112.11061.

УДК 004.896:658.58

МЕЛЬЦАЕВА С.М., ЗОЛОТОВ А.В.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ОБСЛУЖИВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕРВИСНОГО РОБОТА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время ключевой задачей в области цифровизации промышленных предприятий является повышение эффективности технического обслуживания и ремонта парка станков с ЧПУ. Традиционные подхода, основанные на жестком регламентном графике или реагировании на аварийные остановки, приводят к необоснованным простоям оборудования и низкой производительности ремонтного персонала. Альтернативным подходом выступает внедрение сервисных мобильных роботов, оснащенных системами технического зрения, способных выполнять функции автоматизированного обхода, термометрического контроля и визуальной инспекции зоны резания в автономном режиме.

Для обслуживания ответственного оборудования необходима динамическая приоритизация задач. Это делает предпочтительным адаптивные алгоритмы маршрутизации, учитывающие в реальном времени данные от системы мониторинга состояния оборудования. В рамках предполагаемого алгоритма для обеспечения гарантированного подъезда к контрольным точкам станка на расстояние необходимое, применяется комбинированный метод, сочетающей предварительное построение глобальной карты проездов с локальной коррекцией траектории вблизи препятствий на основе данных лидара.

Выбор инструментария для отработки алгоритмов критичен для адекватной оценки их эффективности в условиях реального цеха. Необходимо моделирование не только кинематики робота и препятствий, но и характера возникновения неисправностей, а также дискретности каналов связи Wi-Fi в условиях промышленных помех. Учет этих факторов позволяет минимизировать время реакции на инцидент и снизить коэффициент технического использования оборудования.

В работе предлагается архитектура гибридного планирования миссии для сервисного робота, которая включает в себя: построение динамической карты приоритетов оборудования на основе взвешенных коэффициентов критичности и остаточного ресурса узлов; алгоритм локальной коррекции траектории для обеспечения точного позиционирования относительно контрольных меток; протокол обмена данными с верхним уровнем АСУ ТП для оперативного обновления задания при возникновении внеочередной диагностической тревоги

Библиографический список

1. Кабалдин Ю.Г., Шатагин Д.А., Аносов М.С. Основы создания интеллектуальных систем управления процессом резания на основе глубокого машинного обучения и облачных технологий // Вестник машиностроения. № 9. С. 67-73.
2. Подураев Ю.В. Технологии мехатроники и робототехники в интеллектуальном производстве // Мехатроника, автоматизация, управление. 2018. Т. 19. № 5. С. 291-300. DOI: 10/17587/mau/19/291-300/
3. Юревич Е. И. Основы робототехники: учебное пособие. 4-е изд., перераб. И доп. СПБ.: БХВ-Петербург, 2018. 304с
4. Орехов С.Ю., Багдошвили Р. А., Копылов В. О. Исследование методики планирования движений мобильного робота в известной среде // StudNet. – 2022. – № 6. – С. 7073-7084.

УДК 621.791.75:65.018

ПЕТРУСЕВИЧ С.Н., ЖИЛИН П.Л.

УПРАВЛЕНИЕ ТЕРМИЧЕСКИМ ЦИКЛОМ СВАРКИ КАК ИНСТРУМЕНТ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ КОРРОЗИИ ДУПЛЕКСНЫХ СТАЛЕЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Устойчивое развитие отечественных технологий для освоения шельфовых месторождений напрямую связано с надежностью металлоконструкций из аустенитно-ферритных сталей [1,2]. Уникальный комплекс физико-механических свойств этих материалов обеспечивается фазовым балансом, который, однако, крайне чувствителен к термическому воздействию. Статистика эксплуатационных отказов показывает, что именно сварные узлы становятся инициаторами питтинговой коррозии вследствие дестабилизации микроструктуры при несоблюдении оптимальных скоростей охлаждения [3].

Традиционные стратегии обеспечения качества, принятые в рамках, действующих СМК, сегодня сталкиваются с технологическими ограничениями. Во-первых, применение расчетного метода PREN на базе усредненных данных сертификатов не учитывает неоднородность внутри партии. Во-вторых, использование жестко регламентированных карт WPS не позволяет системе управления оборудованием компенсировать мгновенные отклонения параметров. В-третьих, замер содержания ферритной фазы после сварки не способен обнаружить зарождение хрупких интерметаллидных включений (сигма-фазы), которые являются первичными очагами коррозионного разрушения [4].

Для преодоления указанных ограничений предлагается концепция управления процессом сварки, основанная на интеграции данных о фактическом химическом составе каждого конкретного соединения в систему управления оборудования. Алгоритм предполагает проведение оперативного экспресс-анализа состава непосредственно в зоне стыка перед началом сварки. На основе полученных данных программный модуль в реальном времени производит расчет допустимых значений параметров, преобразуя требования WPS в динамическую управляющую программу.

Реализация предложенного подхода обеспечивает сквозную цифровую верификацию качества каждого соединения и минимизирует влияние человеческого фактора. Это позволяет превентивно исключить условия для выделения сигма-фазы и перейти к прямому операционному управлению микроструктурой металла шва. Такой системный подход закладывает фундамент для построения высокотехнологичных производств, гарантирующих надежность отечественного оборудования для нефтегазового сектора и шельфовой добычи.

Библиографический список

1. Елагина, О. Ю. Применение дуплексных и супердуплексных сталей: обзор публикаций / О. Ю. Елагина, Г. И. Вышегородцева // Деловой журнал Neftegaz.RU. – 2025. – № 10(167). – С. 20-25. – EDN UATTNS.
2. Петрусевич, С. Н. Анализ эксплуатационных отказов и технологических вызовов применения дуплексных нержавеющих сталей в критической инфраструктуре России / С. Н. Петрусевич, П. Л. Жилин // Качество и жизнь. – 2025. – № 2(46). – С. 112-115. – EDN PHTFNE.
3. Liu, M. A review on pitting corrosion and environmentally assisted cracking on duplex stainless steel / M. Liu, K. Du, Y. Zhang [идр.] // Microstructures. – 2023. – Vol. 3, No. 3. – Article ID 2. – DOI 10.20517/microstructures.2023.02.
4. DNVGL-RP-B204-2020 Welding of subsea production system equipment - DNV AS, 2020.

УДК 621.865.8:62-5

ПОЛЕТАЕВ И.Ю., ЖЕЛОНКИН М.В., КОВАЛЕВА А.А.

ДИАГНОСТИКА ПОДВИЖНЫХ УЗЛОВ РОБОТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Повышение надежности промышленного оборудования является одной из ключевых задач в машиностроении, которая достигается за счет мониторинга и диагностики. Своевременная и регулярная диагностика позволяет продлить срок службы оборудования и сократить затраты на его эксплуатацию. Целью данной работы является анализ существующих методов диагностики вращающихся механизмов и аппаратно-программных решений, подходящих для внедрения в систему управления роботизированным комплексом.

В роли объекта диагностики выступает промышленный сварочный манипулятор BA006L. В контроллере E-серии рассматриваемого робота есть дополнительные опции, с помощью которых можно контролировать состояние системы. Через пульт управления выводятся метрические показатели и графические зависимости ключевых параметров, отражающие состояние ответственных узлов робота во времени. Основными параметрами, по которым можно проанализировать текущее состояние сервоприводов, являются рабочая температура, крутящий момент, потребляемый ток, ошибка позиционирования. Встроенные системы диагностики не всегда способны обеспечить своевременное обнаружение неисправностей и определение их причин, поэтому есть необходимость использования вспомогательного оборудования.

Для выявления дефектов вращающихся узлов манипулятора используют следующие методы диагностики: вибрационный анализ, термография и электродиагностика. Для достижения максимальной надежности робототехнических систем данные методы совмещают. На сегодняшний день на рынке роботизированных систем нет устройств, которые специализируются на мониторинге и диагностике промышленных роботов, поэтому в качестве решения были рассмотрены системы для диагностики станочного оборудования. Для диагностики и безопасного тестирования роботизированных ячеек также используют технологию цифровых двойников, которые полностью отражают состояние реального оборудования в режиме реального времени. Одним из инструментов для создания цифровых двойников является среда K-Virtual, в которой была смоделирована работа сварочного

роботизированного комплекса. Использование цифрового двойника позволяет спрогнозировать поведение роботизированной ячейки в неблагоприятных условиях и принять ответственные решения без каких-либо рисков для персонала и оборудования.

Оптимальным решением для диагностики приводов промышленных манипуляторов на ранних этапах является использование систем вибродиагностики и цифровых двойников для оценки состояния серводвигателей.

Библиографический список

1. Рынок Индустрии 4.0: глубокое погружение в ключевые приложения и технологии отрасли [Электронный курс] // EmergenResearch. URL: https://www.einpresswire.com/article/629794095/industry-4-0-market-a-deep-dive-into-the-industry-s-key-applications-and-technologies.
2. Смоленцев П.Н. От паллетирования до «чистых комнат»: практика внедрения роботизации на производствах [электронный курс]..URL: https://engineer.yadro.com/article/robotics/.
3. Формирование данных для цифрового двойника технологического оборудования на базе решений ТОиР для контроля роторно-подшипниковых узлов / А.М. Михайлов, М.В. Желонкин, А.Г. Казаков, И.Ю. Полетаев // Механическое оборудование металлургических заводов: научно-технический журнал. – 2025. -№2. С. 3-15.
4. Анализ средств разработки программного обеспечения для обучения промышленного робота операциям электродуговой сварки с применением периферийного оборудования / Желонкин М.В., Полетаев И.Ю., Кочетков В.О.// Тенденции развития науки и образования: научный журнал. – 2025. - №118-5. – С. 165-171.
5. Диагностика и контроль геометрических параметров слоев при проволочно-дуговом аддитивном производстве Шатагин Д., Желонкин М., Клочкова Н., Башков А., Давыдов А.

УДК 621.7.067

ПОРФИРЬЕВА А.Н., КВАРТАЛОВ А.Р., ЗОЛОТОВ А.В.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА КООРДИНАЦИИ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ НА ОСНОВЕ ФОРМИРОВАНИЯ КОАЛИЦИЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время ключевой задачей в области складской и производственной логистики является эффективная координация групп автономных мобильных роботов (AMR). Роевой интеллект, традиционно применяемый для этих целей, требует постоянного обмена информацией с центральным узлом, что создает единую точку отказа и увеличивает задержки в динамической среде [1, 4]. Альтернативным подходом выступает формирование коалиций – временных объединений агентов для выполнения конкретных задач [2, 3].

Ключевым фактором выбора архитектуры координации является конечная цель функционирования группы. Для систем, где допустима частичная потеря агентов (например, в военных роях дронов), эффективны алгоритмы распределенного поиска и роевого интеллекта. Однако для задач, требующих гарантированной доставки грузов мобильными роботами, необходима детерминированная координация, что делает предпочтительными алгоритмы перехвата задач и перераспределения ресурсов внутри коалиции [1, 6].

Выбор инструмента моделирования критичен для адекватной оценки алгоритмов. Необходимы симуляторы, учитывающие не только кинематику роботов, но и дискретность коммуникационных каналов (например, радиоканал или APN), так как в реальных БПТС задержки и потеря пакетов напрямую влияют на производительность [5].

В работе предлагается архитектура децентрализованного взаимодействия для группы AMR, которая включает в себя: выбор агентом маршрута на основе собственных параметров (заряд батареи, позиция); адресный обмен сообщениями для перехвата задач между агентами коалиции; динамические критерии формирования/распада коалиций под конкретные логистические маршруты.

Библиографический список

1. Parker L. E. Alliance: An Architecture for Fault Tolerant Multi-Robot Cooperation // IEEE Transactions on Robotics and Automation. 1998. Vol. 14, No. 2. P. 220–240. DOI: 10.1109/70.681242.
2. Rahwan T., Michalak T. P., Wooldridge M., Jennings N. R. Coalition Structure Generation: A Survey // Artificial Intelligence. 2015. Vol. 229. P. 139–174. DOI: 10.1016/j.artint.2015.08.004.
3. Chalkiadakis G., Elkind E., Wooldridge M. Computational Aspects of Cooperative Game Theory. San Rafael : Morgan & Claypool Publishers, 2011. 168 p. (Synthesis Lectures on Artificial Intelligence and Machine Learning ; No. 16). DOI: 10.2200/S00355ED1V01Y201107AIM016.
4. Arjun K., Parlevliet D., Wang H., Yazdani A. Optimizing Coalition Formation Strategies for Scalable Multi-Robot Task Allocation: A Comprehensive Survey of Methods and Mechanisms // Robotics. 2025. Vol. 14, No. 7. P. 93. DOI: 10.3390/robotics14070093.
5. Yasser M., Shalash O., Ismail O. Optimized Decentralized Swarm Communication Algorithms for Efficient Task Allocation and Power Consumption in Swarm Robotics // Robotics. 2024. Vol. 13, No. 5. P. 66. DOI: 10.3390/robotics13050066.
6. Аноп М. Ф., Катуева Я. В., Михаличук В. И. Алгоритмы роя пчел и частиц в задаче обеспечения надежности по постепенным отказам // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2015. № 1. С. 144–157. DOI: 10.7463/0115.0755194.

УДК 621.7.067

СЕРГЕЕВА А.П., ЗОЛОТОВ А.В.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ КОРОБОК НА КОНВЕЙЕРЕ ПРИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СБОРКЕ ПОДАРОЧНЫХ НАБОРОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В условиях стремительного развития современной промышленности, ориентированной на массовое производство и высокую степень автоматизации, особую значимость приобретают вопросы оптимизации технологических процессов. Производственные предприятия все чаще внедряют роботизированные линии, позволяющие существенно повысить производительность, снизить влияние человеческого фактора и обеспечить стабильное качество выпускаемой продукции.

Подарочные наборы представляют собой специфический вид продукции, требующий аккуратной укладки различных компонентов в упаковку, соблюдения заданной последовательности операций, а также обеспечения эстетического внешнего вида конечного изделия. В отличие от простых производственных процессов, где выполняется одна или несколько однотипных операций, сборка подарочного набора включает в себя комплекс разнородных действий: подачу упаковки, укладку различных предметов, закрытие коробки, маркировку и последующую транспортировку на склад. Это делает задачу автоматизации особенно сложной и многогранной.

При интеграции нескольких роботов в единую конвейерную линию возникает ряд инженерных задач, связанных с синхронизацией их работы, управлением потоками продукции и обеспечением точного позиционирования объектов.

Одним из ключевых вопросов при проектировании таких линий является выбор способа остановки или фиксации изделия в рабочей зоне робота. От этого решения напрямую зависит не только производительность системы, но и её надёжность, стоимость реализации, а также требования к системе управления и сенсорике. Существует два основных подхода к решению данной задачи. Первый заключается в полной остановке конвейера на время выполнения операции каждым роботом. Второй предполагает использование локальных стопорных механизмов (например, пневматических цилиндров), которые фиксируют изделие в нужной позиции, в то время как сам конвейер продолжает движение.

1. В данной работе рассматривается организация автоматизированной линии по сборке подарочных наборов с использованием шести роботизированных систем. Основное внимание уделяется выбору рационального способа позиционирования коробок: полной остановке конвейера на каждой операции либо применению стопорных механизмов (стопорных цилиндров) без остановки конвейера. Проведен анализ требований к датчикам, особенностей управления, влияния инерции и производительности линии при партии в 100 коробок.

Рассматриваемая линия включает шесть роботов:

1) промышленный робот (промобот) – установка коробки и укладка одного предмета;

2) дельта-робот – укладка двух предметов;

3) SCARA-робот – укладка одного предмета;

4) промобот – закрытие коробки;

5) линейный трехкоординатный робот – нанесение печати;

6) коллаборативный паллетайзер – укладка коробки на паллету.

Ключевой задачей является выбор оптимального способа остановки и позиционирования коробок на каждой рабочей станции.

2. Вариант 1: Полная остановка конвейера

В данном подходе конвейер останавливается перед каждой операцией. После выполнения действия роботом конвейер снова запускается и перемещает коробку к следующей станции.

Для реализации данного метода требуется следующий набор сенсоров: фотоэлектрические датчики (оптические барьеры) – для обнаружения коробки, энкодеры – для контроля скорости и положения конвейера, датчики присутствия (индуктивные/емкостные) – подтверждение точной позиции, датчики скорости – для контроля плавной остановки.

Проблема инерции.

При остановке конвейера возникает эффект инерционного смещения коробки. Это может привести к неточному позиционированию, ошибкам захвата роботом, повреждению продукции.

Для компенсации инерции применяются плавное торможение (частотные преобразователи), механические демпферы, использование прижимных механизмов, программная коррекция координат робота.

Преимущества: простота реализации, высокая точность позиционирования, простое программирование.

Недостатки: низкая производительность, повышенный износ привода конвейера, энергетические потери.

3. Вариант 2: Стопорные цилиндры (без остановки конвейера)

Конвейер работает непрерывно, а коробки останавливаются локально с помощью стопорных пневматических цилиндров на каждой станции. Для данной системы требуется более сложный набор: фотоэлектрические датчики (вход/выход станции), датчики положения цилиндра (концевики), энкодеры (для синхронизации потока), датчики давления в пневмосистеме, датчики наличия коробки в зоне робота.

Механизм остановки коробки: стопорный цилиндр поднимается перед коробкой, создавая механическое препятствие, при этом: конвейер продолжает движение, коробка фиксируется в нужной позиции, после завершения операции цилиндр опускается.

Так как коробка движется до упора, необходимо учитывать скорость конвейера, массу коробки, коэффициент трения.

Для превентивного решения проблем следует использовать амортизирующие стопоры, снизить скорость конвейера перед станцией, установить накопительные зоны.

Преимущества: высокая производительность, непрерывный поток, меньший износ привода.

Недостатки: более сложная система управления, повышенные требования к синхронизации, риск механических ударов.

Анализ показал, что использование стопорных цилиндров является более рациональным решением для автоматизированной линии сборки подарочных наборов при условии высокой производительности и масштабируемости. Однако данный подход требует более сложной системы управления и точной настройки.

Для партии в 100 коробок оба подхода являются применимыми, но при дальнейшем увеличении объемов преимущество системы со стопорами становится очевидным.

Библиографический список

1.Устройство для остановки изделий на конвейере- Светлов Ю.П.Номер заявки: 3724104 - Дата регистрации: 06.04.1984 - Дата публикации: 23.09.1985

2. Устройство для пакетирования штучных изделий - Колышкин К.И., Смирнов А.С., Башкиров Г.М., Почестнев А.А. - Номер заявки: 2019101959 –

3. Основы имитационного моделирования и системного анализа в управлении: учебное пособие- Каталевский Д. Ю. - Основы имитационного моделирования и системного анализа в управлении: учебное пособие - 2015 (или переиздание 2020 г.) - Издательский дом «Дело» РАНХиГС.

4. Имитационное моделирование систем. Учебное пособие для вузов - Боев В. Д. - Год: 2023 (свежее издание в серии «Высшее образование») – Юрайт.

УДК 62-529

СМИРНОВ К.А., АВВАКУМОВА С.О., ЛАЙША А.К.

ПРОВЕРКА ПРЕДЛАГАЕМОГО РЕШЕНИЯ ПО АВТОМАТИЗАЦИИ УЧАСТКА НА СООТВЕТСТВИЕ ТРЕБОВАНИЯМ ПО ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВИРТУАЛЬНОЙ СРЕДЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ANYLOGIC

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В современных условиях производства растущие требования к производительности и дефицит квалифицированного персонала делают актуальной автоматизацию рутинных операций, таких как паллетирование на конвейерных линиях. В работе предлагается решение по внедрению коллаборативного робота CS612 на участок паллетирования с требуемой производительностью 1000–1500 ед./ч. Цель исследования – проверка соответствия предлагаемого решения требованиям по производительности с использованием имитационного моделирования в виртуальной среде AnyLogic.

Для анализа разработаны имитационные модели дискретно-событийного типа в AnyLogic 8.9.3 PLE, воспроизводящие реальные процессы с учетом стохастических факторов. Рассматривались два варианта: два робота CS612 с временем захвата 1–2 с. и один робот с двойным захватом (2 коробки/цикл) при аналогичных временах. Модели включали блоки Source (генерация 1000–1500 коробок/ч), Queue, ResourcePool (нагруженность роботов), Delay (захват, перемещение, разжатие) и Sink (подсчет обработанных коробок).

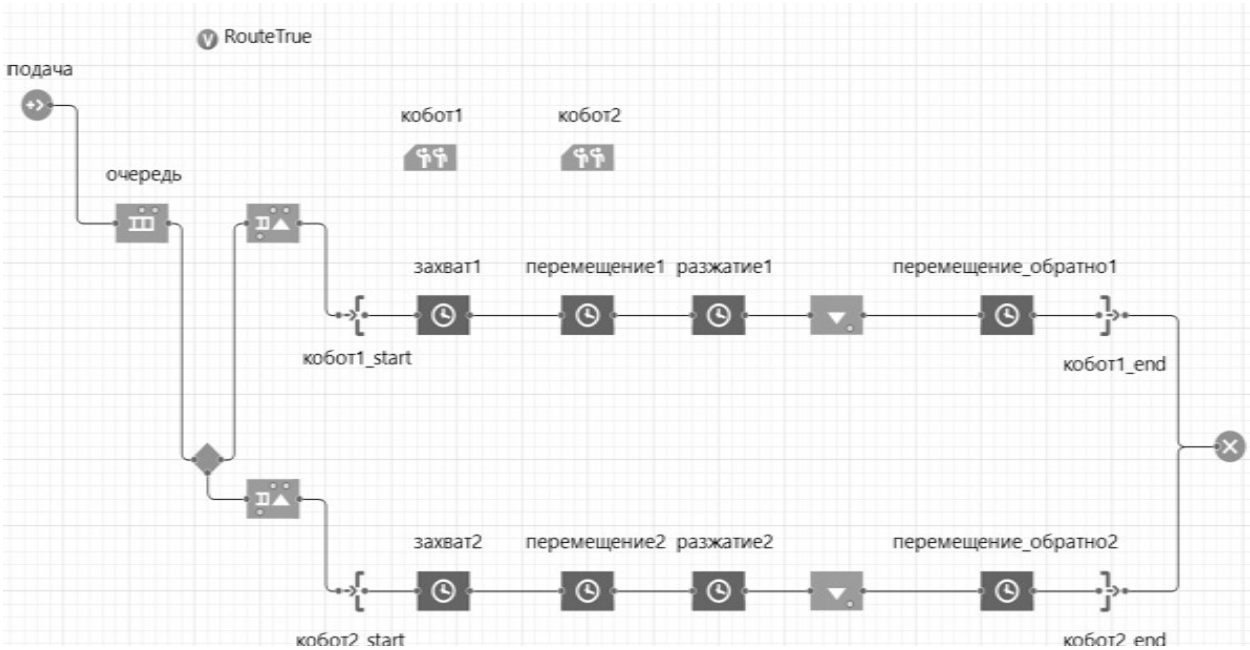


Рис. 1. Имитационная модель предлагаемого решения

Результаты моделирования показали: при захвате 2 с. ни один вариант не обеспечивает требуемую производительность. При оптимизации до 1 с. оба варианта соответствуют требованиям. Оптимальным признан вариант с одним модифицированным роботом, обеспечивающий экономию капитальных затрат.

Имитационное моделирование в AnyLogic подтвердило целесообразность внедрения робота CS612 с двойным захватом и временем захвата 1 с для участка паллетирования с производительностью до 1500 ед./ч без простоев линии. Полученные данные обосновывают экономическую эффективность инвестиций и рекомендуют поэтапное внедрение с калибровкой модели по реальным эксплуатационным данным.

Библиографический список

1. Коботы [Электронный ресурс] // EliteRobots | Коллаборативные роботы [сайт]. – 2026 – URL: https://eliterobots.ru/cobot/ (дата обращения: 24.03.2026).
2. Роботизированная рука CS612 для промышленной автоматизации | EliteRobots [Электронный ресурс] // EliteRobots | CollaborativeRobots, IndustrialRobotArms&AutomationSolutions [сайт]. – 2026 – URL:https://ru.eliterobots.com/cobots/cs612 (дата обращения: 24.03.2026).

УДК 004.942

СОРОКИН М.С.

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ НЕФТЕПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ СТАНЦИЙ НА ОСНОВЕ ПРОГНОСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Насосные агрегаты являются критическим оборудованием нефтеперекачивающих станций (НПС), обеспечивающим транспортировку нефти по магистральным трубопроводам. Их внезапный отказ приводит к значительным экономическим потерям из-за простоев и создает риски инцидентов. Система планово-предупредительных ремонтов не учитывает фактического технического состояния конкретного агрегата, что приводит либо к преждевременной замене исправных узлов, либо к аварийным отказам до наступления планового ремонта. В связи с этим актуальной является задача перехода к обслуживанию по фактическому состоянию на основе прогностических моделей.

В работе проводится сравнительный анализ методов машинного обучения для построения прогностической модели состояния насосного агрегата: случайного леса, градиентного бустинга и рекуррентных нейронных сетей. Оцениваются их преимущества и ограничения применительно к задаче бинарной классификации состояний на основе временных рядов параметров SCADA: вибрация, температура, ток, давление.

Случайный лес является ансамблевым методом, строящим множество решающих деревьев на случайных выборках данных. Его преимуществами являются устойчивость к переобучению,

способность работать с многомерными данными и возможность оценки важности признаков. Исследования показывают, что для задачи бинарной классификации состояний насосного оборудования случайный лес достигает точности до 97,4%.

Градиентный бустинг строит деревья последовательно, каждое следующее исправляет ошибки предыдущего. LightGBM, благодаря своим механизмам, обеспечивает высокую скорость обучения при сохранении точности. Согласно результатам сравнительных исследований, LightGBM достигает точности 0,876, превосходя XGBoost и CatBoost по скорости при сопоставимой точности.

Рекуррентные нейронные сети специально разработаны для анализа временных рядов и способны моделировать долгосрочные зависимости. Временные сверточные сети показали точность диагностики насосов до 97,8%. Однако нейросетевые подходы требуют больших объемов данных, значительных вычислительных ресурсов и сложны в интерпретации.

Учитывая условия реальной эксплуатации, в качестве основного метода для разработки прогностической модели обоснованно выбирается градиентный бустинг.

Дальнейшие исследования предполагают разработку имитационной модели насосного агрегата для генерации синтетических временных рядов, обучение и валидацию прогностической модели на сгенерированных данных, а также оценку ее эффективности по метрикам точности, полноты и F-меры.

Библиографический список

1. Alghtus, K.M.A. Short-Term Failure Forecasting for Industrial Centrifugal Pumps Using Machine Learning / K.M.A. Alghtus, Y.M. Alghazali, A.A. Al-Hchaimi // IEEE Access. – 2025. – Vol. 13. – P. 15636–15651.
2. Р.Р. Халиков. Обнаружение неисправностей центробежных насосов и электродвигателей с использованием анализа сигнатур тока двигателя и автоматизированного машинного обучения / Р.Р. Халиков, М.Ю. Чернецкий, И.Е. Ревин, В.А. Потемкин // Записки Горного института. 2025. Т. 276. С.

УДК 681.518.5, 629.3.072

СУХОВ Н.Д., ШАКИН Д.А.

МОДЕРНИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ УСТАНОВКИ ИМИТАЦИИ УЯЗВИМЫХ УЧАСТНИКОВ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ADAS

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В современном автомобилестроении повышение уровня активной безопасности достигается внедрением систем помощи водителю (ADAS). Для реализации концепции «нулевой смертности» (Vision Zero) принципиально важна защита уязвимых участников дорожного движения (VRU) – пешеходов и велосипедистов. Валидация систем автоматического экстренного торможения (AEB) невозможна без проведения натурных полигонных испытаний с использованием роботизированных мишеней. Современные стандарты (например, Euro NCAP)

предъявляют все более жесткие требования к таким тестам: скорости сближения возрастают, внедряются сложные сценарии, а требуемая точность позиционирования объектов измеряется сантиметрами.

Однако анализ эксплуатации существующих установок выявляет ряд критических недостатков, не позволяющих соответствовать современным стандартам. Базовая конструкция, использующая тросовый привод и асинхронный двигатель, обладает следующими проблемами: низкая точность из-за упругого растяжения и проскальзывания стального троса; сильные вибрации, приводящие к ослаблению крепежа; частые обрывы троса при пиковых ускорениях. Использование такого оборудования ведет к получению недостоверных данных, срыву испытательных сессий и высоким затратам на ремонт.

Для устранения выявленных недостатков была проведена комплексная модернизация конструкции установки. Был предложен и внедрен ряд инновационных конструкторских решений, перечисленных далее.

1. Замена нестабильного тросового привода на армированный полиуретановый зубчатый ремень. Это исключило эффект проскальзывания благодаря надежному зацеплению, а внутреннее армирование минимизировало упругие деформации при резких ускорениях. В результате обеспечена мгновенная и безлюфтовая передача крутящего момента к платформе с манекеном.

2. Разработка новых сварных рам из конструкционной стали. Оптимизация конструкции позволила значительно повысить жесткость системы. Новая рама эффективно гасит вибрации от электродвигателя, что повысило общую стабильность и долговечность установки.

3. Внедрение автоматической гидропневматической системы натяжки. Данная система автоматически компенсирует температурные изменения длины зубчатого ремня при испытаниях на открытом воздухе. Кроме того, она эффективно амортизирует пиковые ударные нагрузки, возникающие в момент резкого старта платформы с манекеном.

4. Проектирование уникальной системы отрыва ремня, интегрированной в низкопрофильную платформу. В случае несрабатывания AEB и прямого наезда автомобиля на платформу, предохранительный механизм мгновенно отсоединяет ремень. Это защищает сам зубчатый ремень от разрыва и дорогостоящие узлы привода (двигатель, редуктор) от передачи разрушительного кинетического импульса и критических перегрузок.

5. Модернизация системы синхронизации. Устаревшие датчики положения заменены на высокоскоростные оптические фотоворота. Они обеспечивают мгновенную регистрацию прохождения автомобилем контрольных точек, гарантируя быструю и высокоточную передачу данных о скорости и координатах в контроллер.

Таким образом, проведенная модернизация позволяет создать современный, надежный, высокоточный и долговечный испытательный комплекс. Обновленная платформа обеспечивает выполнение сложных сценариев тестирования систем ADAS в соответствии с международными стандартами. В условиях актуальности импортозамещения, данная работа является прямым вкладом в развитие отечественной испытательной базы и повышение конкурентоспособности российских разработок в сфере безопасного транспорта.

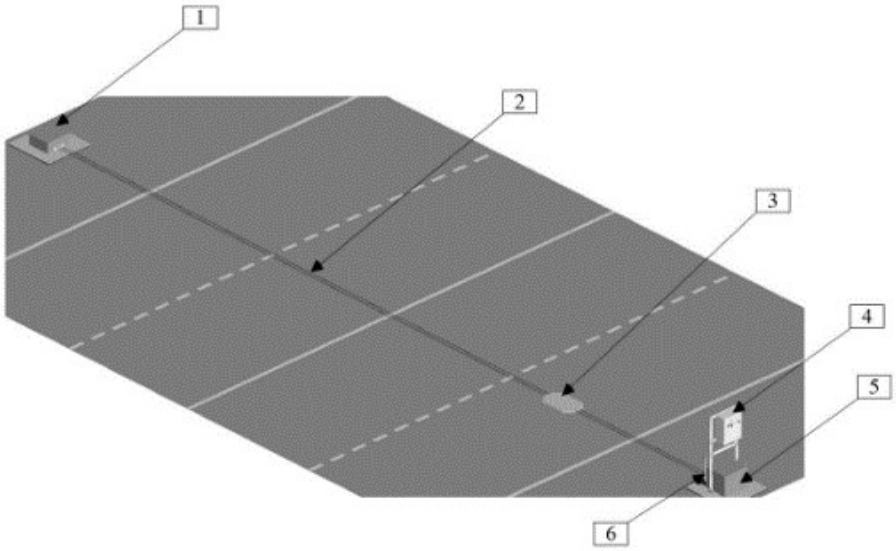


Рис. 1. Взаимное расположение узлов установки на проезжей части участка полигона: 1 – узел обкатки, 2 – зубчатый ремень, 3 – платформа, 4 – блок управления, 5 – узел привода, 6 – датчик положения платформы

Библиографический список

1. Иванов, А. М. Системы помощи водителю (ADAS): принципы работы и методы испытаний / А. М. Иванов, С. С. Петров. – М.: Машиностроение, 2021. – 256 с.
2. Бахмутов, С. В. Развитие полигонной базы для испытаний высокоавтоматизированных транспортных средств и систем ADAS / С. В. Бахмутов, А. В. Васильев // Труды НАМИ. – 2020. – № 2 (281). – С. 45-54.

УДК 621.865.8

ТОЛСТОВ А.Д., ЗОЛОТОВ А.В.

РАЗРАБОТКА МОДУЛЬНОГО АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СКЛАДА

Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева

Современное развитие малого и среднего бизнеса, электронной коммерции (E-Commerce), а также распределительных центров так называемой «последней мили» предъявляют жесткие требования к складским системам: они должны быть недорогими, легко внедряемыми и масштабируемыми и при этом обеспечивать высокую скорость обработки заказов. Автоматизация склада традиционно ассоциируется с дорогостоящими решениями – многоярусными кранами-штабелерами, роботизированными комплексами Autostore или системами на базе AGV/AMR. Однако для небольших предприятий, интернет-магазинов с ограниченной номенклатурой или лабораторных складов такие системы экономически недоступны: их стоимость достигает их стоимость составляет десятки миллионов рублей, а окупаемость может растягиваться на годы. Более того, они часто избыточны по производительности и сложны в обслуживании.

С другой стороны, полностью ручное складирование ведет к целому ряду проблем: ошибки, связанные с человеческим фактором, потеря времени на поиск необходимых позиций, зависимость от квалификации кладовщика, невозможность работы 24/7 без смены персонала. Особенно остро эти проблемы проявляются в условиях «Человеко-ориентированных» складов, где товар хранится в статичных стеллажах, а оператор проходит сотни метров за смену.

В связи с этим главной задачей данного проекта является разработка модульного автоматизированного склада, состоящего из двух основных частей:

1. Статический стеллаж с ячейками – модульная конструкция, позволяющая наращивать количество ячеек в горизонтальном и вертикальном направлении.

2. Передвижная ячейка – ячейка, которая перемещается по направляющим, подъезжает к любой заданной ячейке стеллажа, забирает оттуда товар и возвращается в фиксированную точку «домашнее положение» для выдачи товара оператору или на отгрузочный конвейер.

Библиографический список

1. **ГОСТ Р 7.0.100–2018.** Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления. – Москва :Стандартинформ, 2018. – 133 с.
2. **Дыбская, В. В.** Управление складом в логистических системах : учебное пособие / В. В. Дыбская, В. И. Сергеев. – Москва : ИНФРА-М, 2020. – 475 с. – ISBN 978-5-16-010974-2.
3. **Лукинский, В. С.** Логистика и управление цепями поставок : учебник для вузов / В. С. Лукинский, В. В. Лукинский, Н. Г. Плетнева. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва :Юрайт, 2022. – 359 с. – ISBN 978-5-534-09690-3.
4. **Бочкарев, А. А.** Планирование и оптимизация складских систем / А. А. Бочкарев, Е. В. Григорьев. – Санкт-Петербург : Питер, 2019. – 416 с. – ISBN 978-5-4461-1025-4.

СЕКЦИЯ 4

НАЗЕМНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА И ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ

Подсекция 4.1

Конструирование наземных транспортных средств

УДК 004.3

ГОЛОВАНОВ А.В., БАЛАШОВА Т.И.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ ТОВАРОПРОВОДЯЩИХ СЕТЕЙ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ И СБОЕВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В работе решается задача повышения устойчивости и эффективности логистических и распределительных сетей в условиях роста неопределённости внешней среды и возрастающих рисков сбоев. Проблема усугубляется такими факторами, как геополитическая нестабильность, нарушения в глобальных цепях поставок, волатильность спроса и ограниченная доступность инфраструктуры. Это приводит к значительным экономическим потерям, снижению уровня сервиса и необходимости поиска новых подходов к управлению цепями поставок [1].

Данную задачу можно описать как процесс разработки и внедрения адаптивных методологий и инструментов, позволяющих моделировать, анализировать и оптимизировать товаропроводящие сети с учетом стохастических факторов и возможности возникновения сбоев. При анализе и отборе методов оптимизации учитывались такие критерии, как способность модели работать с неполными и изменяющимися данными, устойчивость к различным типам сбоев, возможность интеграции с существующими корпоративными системами, гибкость алгоритмов и их вычислительная эффективность.

В результате проведенного анализа методологий и подходов [2, 3] было выявлено, что наиболее перспективным направлением является применение гибридных методов, сочетающих аппарат математического моделирования с технологиями цифровых двойников и предиктивной аналитики на базе искусственного интеллекта. Предлагаемый гибридный подход обладает следующими ключевыми достоинствами:

- устойчивость к неопределённости: Использование стохастических и robust-оптимизационных моделей позволяет оценивать риски и формировать устойчивые планы функционирования сети;
- адаптивность и оперативное реагирование: Цифровые двойники сети в режиме, близком к реальному времени, позволяют моделировать последствия сбоев и предлагать корректирующие решения по перераспределению потоков, изменению маршрутов и управлению запасами;
- предиктивный характер: Алгоритмы машинного обучения способны прогнозировать спрос, выявлять узкие места и потенциальные точки отказа, что позволяет осуществлять превентивное управление.

Представленный методологический подход соответствует современным вызовам и способствует построению устойчивых и гибких товаропроводящих сетей. Интеграция рассмотренных методов в единый контур управления создает основу для «умной» логистики будущего.

Библиографический список

1. Иванов Д.А., Цифровые двойники в управлении цепями поставок: от концепции к внедрению // Логистика. – 2022. – № 5. – С. 34-41.
2. Christopher M., Peck H. Building the Resilient Supply Chain // The International Journal of Logistics Management. – 2004. – Vol. 15, No. 2. – P. 1-14.
3. Dolgui A., Ivanov D., Sokolov B. Ripple effect in the supply chain: an analysis and recent literature // International Journal of Production Research. – 2018. – Vol. 56, No. 1-2. – P. 414-430.
4. Реестр российского программного обеспечения [Электронный ресурс]. – URL: https://reestr.digital.gov.ru/.

УДК 629.1.04

ГРОШЕВ Н.С.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ СИЛОВОГО АГРЕГАТА: ГЛУБОКОЕ ОБУЧЕНИЕ В ECU И TCU

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

1. Архитектура программно-определяемого автомобиля (SDV)

Современный автомобиль 2026 года переходит от аппаратной зависимости к программной доминантности. В центре этой трансформации стоят блоки управления двигателем (ECU) и трансмиссией (TCU), которые теперь используют Edge AI (периферийный ИИ) для обработки данных непосредственно «на борту» без задержек, связанных с облаком.

2. ECU: Нейросетевая оптимизация термодинамики

Традиционные системы используют PID-регуляторы, которые не всегда справляются с нелинейными процессами сгорания. ИИ вводит понятие «Когнитивного впрыска».

2.1. Алгоритмы и моделирования

Использование сверточных нейронных сетей (CNN) для анализа ионного тока в цилиндрах позволяет восстановить полную картину давления в камере сгорания. Это дает возможность работать на сверхбедных смесях без риска пропусков зажигания.

Математический аспект: Использование фильтра Калмана совместно с ИИ для оценки состояния системы в реальном времени. Уравнение состояния:

$x[k] = A\,x[k-1] + B\,u[k] + w[k]$.

2.2. Предиктивное управление температурой

ИИ анализирует профиль трассы (подъемы, спуски) и заранее изменяет скорость циркуляции ОЖ, снижая риск термического расширения поршней и увеличивая ресурс двигателя на 25%.

3. TCU: Стратегическое управление динамикой

Трансмиссия с ИИ использует обучение с подкреплением (DQN - Deep Q-Networks). Система получает данные не только от колес, но и от других машин в потоке (V2V).

• Адаптивное торможение двигателем: ИИ знает, когда пора начать рекуперацию или торможение двигателем, исходя из дистанции до впереди идущего авто, считываемой радаром.

• Синхронизация с электромоторами: В гибридах ИИ управляет моментом смыкания сцепления с точностью до 0.01 с, делая переход с электротяги на ДВС неощутимым.

Детальный анализ внедрения ИИ-систем показывает, что при интеграции с высокопроизводительными процессорами (например, NVIDIA Orin или аналоги), блоки управления способны обрабатывать до 250 трлн операций в секунду. Это позволяет реализовывать алгоритмы машинного зрения непосредственно внутри логики управления тягой.

Системы Traction Control теперь не просто реагируют на пробуксовку, а предсказывают её на основе микро-изменений коэффициента сцепления, анализируя текстуру дорожного покрытия через камеры.

4.1. Кризис детерминированного управления

Классическая архитектура управления ДВС (Двигателем внутреннего сгорания) базируется на так называемых Look-upTables (LUT) – многомерных таблицах калибровок. Основная проблема LUT заключается в их статической природе: они описывают поведение двигателя в идеальных условиях стендовых испытаний.

В реальной эксплуатации 2026 года переменные среды (влажность, плотность воздуха, цетановое/октановое число топлива, степень закоксованности форсунок) создают бесконечное количество комбинаций. Традиционный контроллер не способен «экстраполировать» данные – он просто выбирает ближайшее значение из таблицы, что приводит к потере КПД на 5–7%.

4.2. Применение архитектуры LSTM для предиктивного впрыска

В отличие от стандартных нейросетей, LSTM (LongShort-TermMemory) обладают ячейками памяти, что критически важно для ДВС. Работа двигателя – это циклическая последовательность. Состояние смеси в цилиндре №3 на такте сжатия коррелирует с составом выхлопных газов, зафиксированным датчиком кислорода (Lambda) три цикла назад.

Математическая структура управления:

ИИ в ECU решает задачу регрессии временного ряда. Входной вектор $\mathbf{X}_t$ включает:

• Угловую скорость коленвала с разрешением 0.1°.

• Давление в топливной рампе (P_rail).

• Сигнал с датчика массового расхода воздуха (MAF) с учетом волновых резонансов во впускном тракте.

Нейросеть вычисляет значение VirtualTorque (виртуального момента) и адаптирует длительность импульса открытия форсунки (T_{inj}) по формуле, минимизирующей остаточный кислород и выбросы оксидов азота (NO_x).

4.3. Технология «Soft-Sensing»: Замена физики алгоритмами

Одним из самых дорогих компонентов современного двигателя являются датчики давления в цилиндрах и датчики состава смеси. ИИ позволяет реализовать концепцию виртуальных датчиков.

Используя данные о неравномерности вращения коленвала (вычисляемую через датчик Холла) и спектральный анализ шума (датчик детонации), нейросеть восстанавливает индикаторную диаграмму давления в камере сгорания с точностью до 98%.

Преимущества:

1. Снижение себестоимости: устранение физического датчика за $150 сокращает стоимость производства.

2. Надежность: программный датчик не может «сгореть» или «засориться».

3. Самокалибровка: система постоянно сравнивает расчетные данные с реальным откликом двигателя, корректируя модель износа поршневой группы.

4.4. Борьба с детонацией на грани разрушения

Максимальный КПД двигателя достигается при работе на грани детонации. Обычный ECU, услышав детонацию, резко откатывает угол зажигания назад, теряя мощность.

ИИ-модуль в ECU 2026 года использует быстрое преобразование Фурье (FFT) для анализа частот. Он отделяет механический шум ГРМ от первых признаков детонационного очага. Это позволяет удерживать угол опережения зажигания в «зоне максимального давления» гораздо дольше, обеспечивая прибавку крутящего момента в 5-8% без риска для «железа».

Экономический эффект.

Внедрение ИИ-аппроксимации позволяет современному турбомотору объемом 2.0 л достичь показателей экономичности 1.5-литрового агрегата, сохраняя при этом динамику 3-литрового атмосферного двигателя.

Переходим к детальному разбору управления трансмиссией. Эта часть системы отвечает за то, как эффективно мощность, сгенерированная двигателем, передается на колеса.

УДК 629.3

КОНДЫРЕВ Д. М., ОРЛОВ Л.Н.

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ И ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ НЕСУЩЕГО КАРКАСА БЕСПИЛОТНОЙ ГРУЗОВОЙ ПЛАТФОРМЫ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время наблюдается развитие в области автоматизации различных производственных процессов. Эта тенденция затрагивает в том числе и развитие транспортных средств. Многие организации внедряют бесплотные транспортные средства для внутрицеховой и межцеховой логистики. К примеру, на ООО «НАЗ» (Нижегородский автомобильный завод) для межцеховой логистики беспилотная грузовая *AMRNEOS*. В ходе эксплуатации выявлены некоторые конструктивные недостатки *AMRNEOS*. Ключевыми из них являются большая погрузочная высота грузовой платформы (1003 мм) и сравнительно небольшая грузоподъемность грузовой платформы (800 кг). На последующих прототипах AMR необходимо избавится от указанных недостатков.

В данной работе была проанализирована действующая компоновка *AMRNEOS*и конструкция его каркаса. По результатам анализа предложены компоновочные решения, позволяющие уменьшить погрузочную высоту платформы и увеличить её грузоподъемность. Понижение погрузочной высоты достигается за счет перекомпоновки агрегатов рулевого управления *AMRNEOS*. Увеличение грузоподъемности достигается применением ведущего моста с двускатной ошиновкой. На грузоподъемность положительное влияние также оказывает уменьшение снаряженной массы ТС. Уменьшение снаряженной массы беспилотной грузовой платформы достигается двумя путями:

- за счет применения других модулей подвески по сравнению с *AMRNEOS*, что приведет к снижению массы на 120 кг;
- за счет снижения массы несущего каркаса на 65 кг.

Для оценки возможности снижения массы несущего каркаса путем уменьшения размеров сечений его элементов, в программном пакете *ABAQUS* построена стержневая модель исходной конструкции. Проведены статические расчеты конструкции при изгибе и кручении для грузоподъемности 2,5 т. Расчет на изгиб проводился в условиях приложения к конструкции перегрузки 2*g*. В ходе анализа результатов расчетов определено, что возможно уменьшить сечения лонжеронов несущего каркаса. Предварительно оценена прочность конструкции. Для предложенной компоновки разработана конструкция несущего каркаса беспилотной грузовой платформы. При разработке конструкции учтены результаты расчета стержневой модели действующего каркаса.

Окончательная оценка прочности разработанного каркаса выполнена в программном пакете *ABAQUS*с применением твердотельной конечно-элементной модели. Проведены статические расчеты конструкции при изгибе и кручении для грузоподъемности 2,5 т. Расчет на изгиб проводился в условиях приложения к конструкции перегрузки 2*g*. Расчет твердотельной конечно-элементной модели позволил оценить уровень возникающих напряжений не только в самих элементах конструкции, но и в местах их соединения. По результатам расчета

дана оценка прочности разработанной конструкции несущего каркаса беспилотной грузовой платформы и ее соответствия регламентированным требованиям.

Библиографический список

1. Орлов, Л. Н. Оценка пассивной безопасности, прочности кузовных конструкций автомобилей и автобусов: монография / Л. Н. Орлов – Н. Новгород: НГТУ, 2005. - 130 с.
2. Практическое применение программного комплекса ABAQUS в инженерных задачах / МФТИ, ТЕСИС. Сост.: Т. Манилык, К. Ильин – Москва, 2006. – 67 с.

УДК 55.43.03

ПАЛЛО М.Д.[1,2], МАКАРОВ В.С.[2]

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В КОНСТРУИРОВАНИИ НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

[1]ООО «Военно-инженерный центр»,
[2]Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Аддитивные технологии (3D-печать) постепенно проникают в область создания наземных транспортных средств, особенно на этапах прототипирования и мелкосерийного производства. Однако для силовых узлов, работающих в условиях динамических и ударных нагрузок, применение пластиковых деталей остаётся ограниченным из-за недостатка данных об их долговечности.

1. Мировые тенденции развития аддитивных технологий

Аддитивные технологии уверенно переходят от стадии прототипирования к промышленному производству. Согласно отчётуWohlersReport 2026, мировая выручка от аддитивного производства в 2025 году достигла $24,2 млрд, прирост составил 10,9%. Китай становится глобальным лидером: компании (Avimetal, Addireen) производят металлические 3D-принтеры и порошковые сплавы (титан, вольфрам). Проведён первый эксперимент по 3D-печати металла в условиях микрогравитации на аппарате «Лихун-1». Параллельно развиваются армированные пластики (PETG + углеволокно, нейлон + стекловолокно), позволяющие создавать детали с высокой жёсткостью при малом весе.

2. Практический опыт применения 3D-печати

Рис. 1. Пыльник из TPU, шноркель из PETG

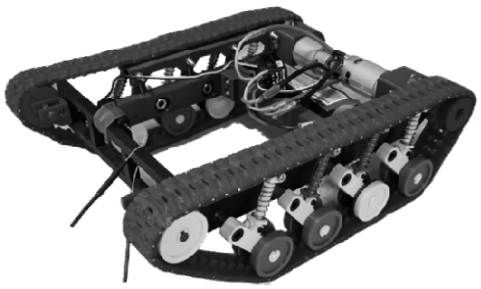


Рис. 2. Опытный образец «Богатырь-2»

В нашей компании аддитивные технологии используются для вспомогательных узлов. Изготовлены: пыльник из TPU (гибкий, защита от грязи) и модульный шноркель из PETG (склеиваемый воздухозаборник). Разработана тяжёлая гусеничная платформа «Богатырь-2» (рама, траки, редукторы – PETG; полная масса 18 кг, грузоподъёмность 15 кг). Платформа предназначена для эксплуатации в условиях бездорожья и может служить базой для наземного дрона.

3. Выявление и устранение критических отказов

В ходе испытаний платформы выявлен типовой отказ: разрушение выходного вала планетарного редуктора (диаметр 7,7 мм, PETG, 100% заполнение). Вал работает как консоль (плечо 10 мм от подшипника до звёздочки). Расчётный изгибающий момент при полной массе 18 кг и коэффициенте сцепления 0,6 составляет около 1,8 Н·м. Напряжение изгиба достигает 40 МПа, что близко к пределу текучести PETG (50–55 МПа). Дополнительные концентраторы – лыска под шпонку и вертикальная ориентация слоёв печати.

Предложен метод локального армирования: в теле вала высверлен осевой канал Ø2,1 мм, в него на эпоксидной смоле установлен стальной стержень Ø2 мм, а наружная поверхность обработана дихлорэтаном для сплавления слоёв. Момент сопротивления сечения увеличился в 2,3 раза. Ресурс в циклических испытаниях («старт-торможение» с грузом 15 кг) возрос с 50–70 циклов (неармированный вал) до более 500 циклов (армированный). Пластиковые защёлки амортизаторов, также подверженные износу, заменены на поперечные шплинты из стальной проволоки 1,5 мм, что полностью устранило отказы.

Заключение

Развитие аддитивных технологий (3D-печать металлом, армированные пластики) открывает новые возможности для машиностроения. Опыт компании показывает, что даже на базе FDM-печати из PETG/TPU можно создавать грузоподъёмные наземные транспортные средства. Ключевые проблемы пластиковых узлов (изгиб, износ) решаются методами локального армирования и замены мелких фиксаторов на металлические. Дальнейшие перспективы – использование композитной печати (нейлон с углеволокном) и гибридных конструкций «пластик + металл».

Библиографический список

1. Ходжсон П., Аддитивные технологии в машиностроении. – М.: Техносфера, 2021. – 320 с.
2. Котович, С.В. Движители специальных транспортных средств: в 3 ч. Ч. II: учеб. пособие. – М., МАДИ. 2021 – 184 с.
3. Палло М.Д., Быстроходные гусеничные машины: перспективы и пути развития // Сборник материалов XXIII Всероссийской молодежной научно-технической конференции «Будущее технической науки». – Нижний Новгород: НГТУ, 2024. – С. 281-282.

УДК 629.01/.02:004.94

ПУКАЗОВ Я.Г., МАКАРОВ В.С.

ПРИКЛАДНОЕ КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ: ИНТЕГРАЦИЯ 1D/CAD/CAE/CAM СИСТЕМ В ПРОЦЕСС ПРОЕКТИРОВАНИЯ НАЗЕМНОЙ ТЕХНИКИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Проектирование современных наземных транспортных средств (ТС) характеризуется высокой сложностью и многодисциплинарностью [1]. Жесткие требования к экологичности, пассивной безопасности, топливной эффективности и ресурсу узлов требуют от конструктора применения методов математического моделирования на всех этапах жизненного цикла изделия. Прикладное компьютерное моделирование позволяет заменить дорогостоящие натурные испытания виртуальными, сократить время вывода продукта на рынок и оптимизировать массогабаритные характеристики машины [2].

Процесс конструирования ТС в современной практике строится на последовательном применении специализированного программного обеспечения (ПО) (Рис. 1), которое можно

классифицировать по функциональному признаку: математическое и имитационное моделирование (1D) [3]; твердотельное и поверхностное моделирование (CAD) [2]; инженерные анализ и виртуальное моделирование (CAE) [4]; технологическая подготовка управляющих программ и симуляционное моделирование (CAM) [5].

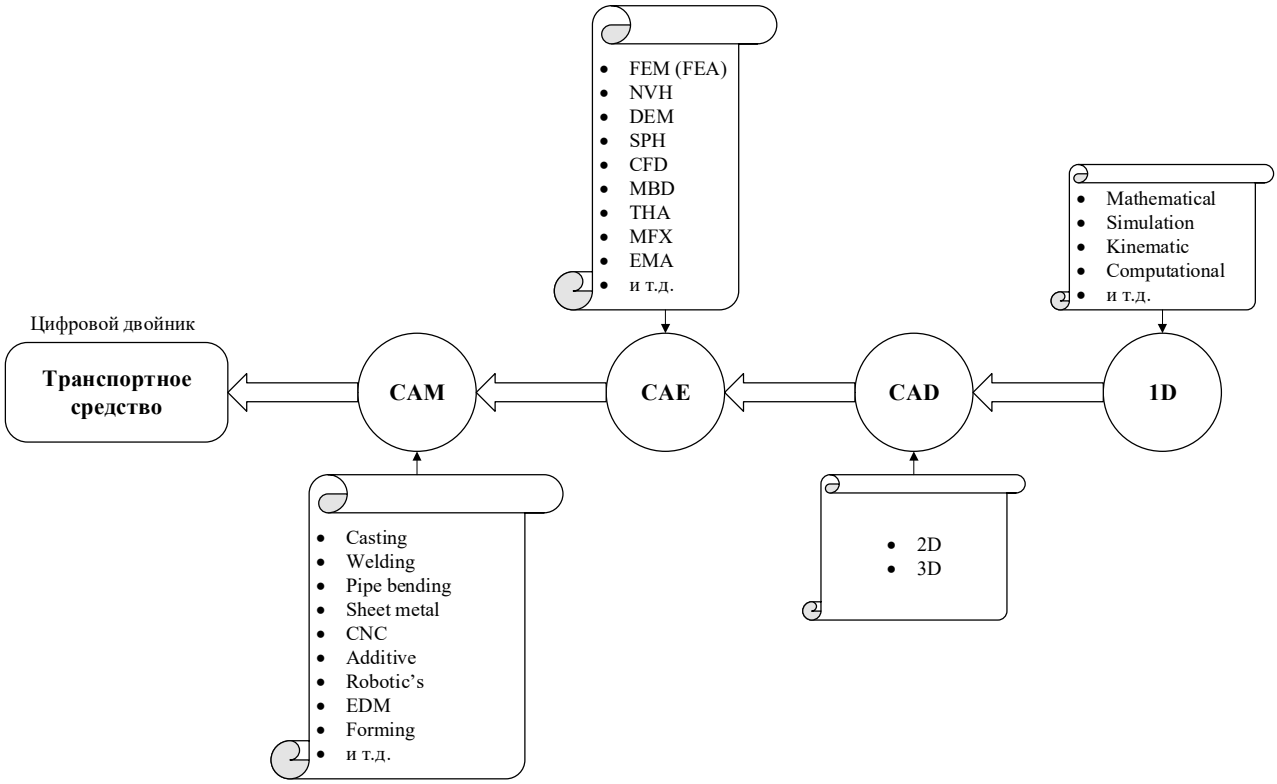


Рис. 1. Технологический стек процесса конструирования ТС в современной практике (стек технологий по созданию цифрового двойника транспортного средства)

Прикладное компьютерное моделирование является неотъемлемой частью современного, конкурентоспособного, конструкторского бюро любого предприятия транспортного машиностроения. Дальнейшее развитие технологий связано с внедрением концепции "Цифрового двойника" (Digital Twin) [6] и применением методов искусственного интеллекта для генеративного дизайна и сохранения технических компетенций в условиях стремительного омоложения численного состава конструкторских специалистов.

Библиографический список

1. Горобцов А. С. и др. Компьютерные методы построения и исследования математических моделей динамики конструкций автомобилей. Научно-техническое издательство «Машиностроение».
2. Чугунов М. В., Полунина И. Н., Пьянзин А. М. Проектирование электромобиля-трайка на базе параметрических CAD/CAE-моделей // Инженерные технологии и системы. Россия, Саранск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва», 2020. Т. 30, № 3. С. 464–479.
3. Paes P. и др. Development and Validation of an Accurate 1D Model for Pressure Drop in Complex Coolant Piping Systems of Hybrid and Electric Vehicles. 2021. Т. 3.
4. Kim Y.-S. и др. Development of DEM-MBD coupling model for draft force prediction of agricultural tractor with plowing depth // Computers and Electronics in Agriculture. 2022. Т. 202. С. 107405.

5. Будько А. В, Станиславович Е. А, Антонов А. С. Разработка конструкций автомобильных агрегатов с повышенными параметрами эксплуатационных характеристик с использованием сквозных систем автоматизированного проектирования CAD/CAM/CAE. КарТУ им. АбылкасаСагинова, 2024.
6. Боровков А. И. и др. Цифровые двойники в высокотехнологичной промышленности. Санкт-ПетербургскийполитехническийуниверситетПетраВеликого.

УДК 629

СЕЛЕЗНЕВ И.А., ТУМАСОВ А.В.

МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ПОДВЕСОК КОММЕРЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Подвеска – это одна из важнейших систем автомобиля, которая относится к ходовой части и обеспечивает упругую связь кузова с опорной поверхностью дорожного полотна [1].

Пневматическая подвеска предназначена для обеспечения комфортного хода, регулировки высоты кузова и адаптации к различным нагрузкам во время эксплуатации. Управляется кнопкой или автоматически через электронный блок.

Применение в подвесках пневматических упругих элементов обосновано их небольшими собственными колебаниями и широким диапазоном возможностей, который благоприятно раскрывается в городских и пригородных условиях эксплуатации.

Основные требования к пневматическим подвескам включают безопасность, долговечность, способность выдерживать высокие нагрузки и соответствие эксплуатационным условиям. Система должна обеспечивать стабильность транспортного средства при полной загрузке, минимизировать вибрации и обеспечивать точную регулировку уровня [2]. Стандарты устанавливают параметры по допустимым нагрузкам, давлению воздуха и ресурсу работы.

В работе выполнен расчет основных параметров пневморессор, подбор стабилизатора поперечной устойчивости, а также предложены варианты конструктивного исполнения системы.

Схематически основные этапы проектирования пневматической подвески представлены на рис.1.

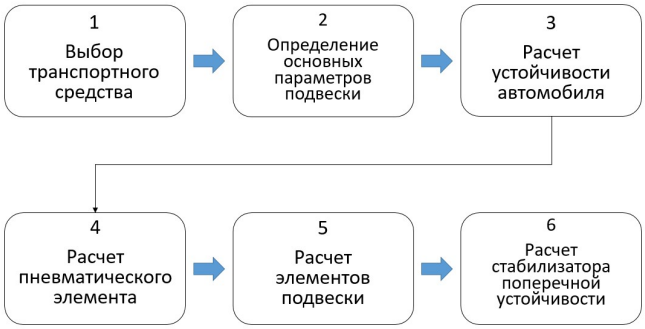


Рис. 1. Схема методики проектирования пневматической подвески коммерческого транспорта

Основная задача работы – разработать оптимизированную методику для расчета подвесок с пневматическим упругим элементом. Данная методика позволяет найти ключевые параметры пневматических рессор, подобрать компрессор, ресивер, сечения трубопроводов, а также подобрать стабилизатор поперечной устойчивости для снижения себестоимости системы в целом.

Библиографический список

1.Кравец В.Н. Теория автомобиля: учебник / В.Н. Кравец; Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. – 2-е изд.,переработ. – Нижний Новгород, 2013. – 413 с.
2. Рампель Й. Шасси автомобиля./Слкр. Пер. 1 тома 4 нем. Изд. В.П. Агапова; Под ред. И.Н. Зверева. М.: Машиностроение, 1983. – 356с.

Подсекция 4.2

Эксплуатация наземных транспортных средств

УДК 656.131.2

БЕЛЯКИН А.Д., БЕРДНИКОВ Л.А.

ВЫБОР НАДЕЖНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ДЛЯ ТАКСИ В РОССИИ 2025 ГОДА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В современных условиях выбор автомобиля для работы в такси требует комплексного подхода с учетом множества факторов: экономической эффективности, надежности, комфорта и соответствия требованиям агрегаторов [1, с. 78-88]. При этом особое внимание следует уделить моделям, которые смогут эффективно работать в режиме интенсивной эксплуатации [2, с. 23-31].

Экономическая эффективность является ключевым фактором при выборе автомобиля для такси. При оценке необходимо учитывать расход топлива, возможность установки ГБО, стоимость обслуживания и ремонта, а также доступность запчастей на рынке [3, с. 45-50].

Надежность автомобиля определяется качеством сборки, материалами, из которых он изготовлен, наработкой на отказ основных узлов и возможностью оперативного ремонта [4, с. 15-21]. Важным аспектом является наличие развитой сети сервисных центров и доступность квалифицированного обслуживания [5, с. 34-40].

В сегменте эконом-класса особое внимание заслуживает Lada Granta. Эта модель зарекомендовала себя как надежный автомобиль с простой конструкцией, что обеспечивает легкость ремонта и обслуживания. Запчасти для Granta доступны практически в любом автомагазине, а сеть автосервисов охватывает всю страну [6, с. 23-29].

Комфорт-класс представлен более современными моделями. Lada Vesta сочетает в себе надежность отечественной платформы с улучшенным комфортом и современным оснащением. Автомобиль имеет хорошую ремонтопригодность и развитую инфраструктуру обслуживания [7, с. 32-38].

Среди китайских моделей перспективным вариантом является Haval Jolion. Однако стоит учитывать, что для некоторых китайских автомобилей характерны серьезные задержки с поставками запчастей – сроки ожидания могут достигать нескольких месяцев [8, с. 18-24]. Особенно это касается крупных узлов и кузовных деталей, что критично для работы в такси, где каждый день простоя автомобиля приводит к финансовым потерям.

BAIC U5 Plus представляет собой экономичный седан с приемлемым уровнем надежности, однако вопрос доступности запчастей для китайских автомобилей остается актуальным.

В бизнес-сегменте стоит обратить внимание на премиальные модели отечественных производителей и китайских брендов. Lada Aura сочетает в себе премиальные характеристики с сохранением доступности обслуживания.

Важнейшим аспектом является наличие квалифицированных специалистов, способных качественно обслуживать выбранную модель автомобиля [4, с. 15-21]. Это напрямую влияет на продолжительность и качество работы транспортного средства. Не менее значимым фактором выступает возможность оперативного ремонта в случае возникновения поломок.

Особое внимание следует уделить наличию складских запасов запчастей. В условиях интенсивной эксплуатации вероятность выхода из строя различных узлов возрастает, поэтому важно, чтобы необходимые детали были доступны для оперативного ремонта [3, с. 45-50].

Немаловажным фактором является возможность установки дополнительного оборудования, необходимого для работы в такси. Это могут быть таксометры, системы навигации, дополнительное освещение и другие технические средства, которые требуются для качественного оказания услуг.

Все эти факторы в совокупности определяют целесообразность выбора той или иной модели автомобиля для работы в такси и влияют на экономическую эффективность его использования [1, с. 78-88].На основании проведенного анализа можно сделать вывод, что наиболее надежными вариантами для работы в такси являются автомобили отечественного производства, прежде всего модели Lada [6, с. 23-29].

Библиографический список

1. Блудян Н.О. Оценка экономики и прогноз развития рынка легковых такси // Проблемы прогнозирования. 2021. №3 (186). С. 78-88.
2. Иванов А.В. Организация перевозок пассажиров автомобильным транспортом // Вестник МАДИ. 2019. №4. С. 23-31.
3. Петров М.Б. Экономическая эффективность использования автотранспорта в такси // Транспортное дело России. 2020. №2. С. 45-50.
4. Сидоров Е.В. Техническая эксплуатация автомобилей такси // Автосервис: бизнес и управление. 2018. №3. С. 15-21.
5. Коноплянко В.И. Безопасность и организация перевозок пассажиров // Автомобильный транспорт. 2019. №5. С. 34-40.
6. Власов В.М. Особенности эксплуатации отечественных автомобилей в такси // Автомобильный транспорт. 2020. №1. С. 23-29.
7. Черняков Н.В. Современные аспекты организации перевозок пассажиров // Транспортное дело России. 2019. №4. С. 32-38.
8. Кузнецов Е.С. Эксплуатация китайских автомобилей в такси // Автомобильная промышленность. 1991. С. 416.

УДК 629.3.027.5

БЕЛЯКИН А.Д., БЕРДНИКОВ Л.А., ЮРОВ А.М.

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ИЗНОС АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Износостойкость шин представляет собой многофакторный процесс, обусловленный совокупностью физико-механических, эксплуатационных и технологических параметров [1, с. 15]. Исследование данного явления требует системного подхода с учётом фундаментальных законов механики, материаловедения и динамики транспортных средств.

В основе процесса разрушения протектора лежат два фундаментальных механизма: адгезионный и усталостный износ [2, с. 45]. Адгезионный износ обусловлен молекулярным взаимодействием контактирующих поверхностей, при котором происходит образование межмолекулярных связей и их последующий разрыв. Усталостный износ связан с циклическими деформациями материала протектора при качении колеса.

Термодинамические процессы играют ключевую роль в механизме износа [3, с. 78]. Повышение температуры приводит к снижению прочности молекулярных связей в структуре

резины, активизации окислительных процессов и ускорению старения материала. При этом увеличивается теплообразование в зоне контакта протектора с дорожным покрытием.

Динамические нагрузки формируют комплексный характер воздействия на шину [4, с. 92]. Центробежные силы, возникающие при движении, создают неравномерное распределение нагрузок по сечению протектора. Тангенциальные нагрузки при торможении и боковые силы при маневрировании существенно влияют на интенсивность износа различных зон шины.

Параметры конструкции шины определяют её износостойкость [5, с. 112]. Состав резиновой смеси, конструкция каркаса, рисунок протектора и распределение массы по сечению шины формируют основу эксплуатационных характеристик. Современные технологии производства позволяют оптимизировать эти параметры для достижения оптимального баланса между износостойкостью и эксплуатационными характеристиками.

Условия использования оказывают решающее влияние на ресурс шин [6, с. 23]. Скоростной режим эксплуатации, нагрузка на колесо, давление в шине и качество дорожного покрытия формируют комплексную нагрузку на шину. При этом наблюдается нелинейная зависимость интенсивности износа от каждого из этих параметров.

Контроль состояния шин осуществляется посредством комплексного подхода, включающего измерение остаточной высоты протектора, оценку равномерности износа, диагностику геометрических параметров и анализ эксплуатационных характеристик [7, с. 56]. Современные методы диагностики позволяют прогнозировать остаточный ресурс и предотвращать преждевременный выход шин из строя.

Система мер по продлению ресурса шин включает регулярное техническое обслуживание, контроль геометрических параметров, соблюдение режимов эксплуатации и корректировку условий хранения [8, с. 89]. Особое внимание уделяется поддержанию оптимального давления в шинах и своевременной диагностике подвески.

Проведённый анализ демонстрирует комплексную природу износа автомобильных шин, обусловленную взаимодействием множества факторов. Для оптимизации ресурса необходимо учитывать физико-механические характеристики материалов, контролировать эксплуатационные параметры, соблюдать технологические регламенты и применять современные методы диагностики.

Библиографический список

1. Кленников Е.В. Шины легковых автомобилей. – М.: Транспорт, 1979. – 48 с.
2. Скорняков Э.С. Долговечность автомобильных шин. – М.: Транспорт, 1980. – 256 с.
3. Кнороз В.И. Эксплуатационная долговечность шин. – М.: Транспорт, 1981. – 232 с.
4. Андреева Л.И. Проектирование и производство шин. – М.: Химия, 1985. – 320 с.
5. Гудков В.А. Автомобильные шины: Справочник. – М.: Транспорт, 1987. – 272 с.
6. Захаров Н.С. Диагностика технического состояния автомобилей. – М.: Транспорт, 1993.
7. Зырянов И.В. Повышение эффективности использования шин грузовых автомобилей.

УДК 621.43

БЕЛЯКИН А.Д., БЕРДНИКОВ Л.А.

АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЫСОКИХ ОБОРОТОВ НА ЭКСПЛУАТАЦИЮ ДВИГАТЕЛЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Комплексное исследование показало, что режимы работы двигателя существенно влияют на его эксплуатационные характеристики и долговечность [1, с. 15]. При анализе вы-

явлено противоречивое воздействие высоких оборотов на различные компоненты силового агрегата.

Механические нагрузки при высоких оборотах включают увеличение центробежных сил, рост инерционных нагрузок и усиление вибрационных воздействий [3, с. 218]. Это приводит к ускоренному износу поршневой группы, деформации клапанных механизмов и повреждению уплотнительных элементов.

Влияние на системы двигателя проявляется в перегрузке трансмиссии, повышенном расходе масла и риске перегрева [2, с. 78]. Однако существуют и положительные эффекты: улучшенная очистка камер сгорания и предотвращение залегания колец.

Оптимальным считается режим работы двигателя в диапазоне 30–70% от максимальных оборотов. Периодическое повышение до 80–90% помогает предотвратить образование отложений [1, с. 25]. При этом важно избегать как предельно низких, так и максимальных оборотов при длительной эксплуатации.

Система смазки особенно чувствительна к изменению оборотов. При низких оборотах наблюдается снижение давления масла, а при высоких возможна угроза масляного голодания [3, с. 245].

Для продления ресурса двигателя необходимо соблюдать следующие правила:

- регулярно проводить профилактические «прогоны»;
- контролировать качество топлива и масла [2, с. 92];
- соблюдать регламент технического обслуживания;
- поддерживать оптимальный температурный режим.

Грамотное использование различных режимов работы позволяет значительно продлить срок службы двигателя. Оптимальный баланс между профилактическим воздействием высоких оборотов и минимизацией механических нагрузок обеспечивает максимальную эффективность и долговечность силового агрегата [1, с. 35].

Библиографический список

1. Охотников Б.Л. Эксплуатация двигателей внутреннего сгорания: учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 140 с.
2. Колчин А.И., Демидов В.П. Расчет автомобильных и тракторных двигателей: учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 2008. – 496 с.
3. Шароглазов Б.А., Фарафонтов М.Ф., Клементьев В.В. Двигатели внутреннего сгорания: теория, моделирование и расчёт процессов: учебник. – Челябинск: ЮУрГУ, 2005. – 403 с.

УДК 667.61

БЕЛЯКИН А.Д., БЕРДНИКОВ Л.А., МОРОЗОВА А.А.

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ИЗНОС ЛАКОКРАСОЧНОГО ПОКРЫТИЯ АВТОМОБИЛЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Лакокрасочное покрытие (ЛКП) автомобиля представляет собой сложную многослойную систему, включающую грунт, краску и лак. Его основная задача – не только эстетическая функция, но и защита металла кузова от коррозии и внешних воздействий [1, с. 1-2].

Физические повреждения являются одними из главных причин разрушения ЛКП. К ним относятся удары камней и дорожного мусора при движении, царапание ветками и кустарниками, абразивное воздействие при неправильной мойке, повреждения при парковке о различные препятствия, вибрации и микродеформации при движении по некачественному дорожному покрытию [2, с. 3-4].

Органические факторы включают птичий помет, содержащий мочевую кислоту (более 25%), следы от насекомых и их выделения, древесные соки и смолы, выделения тли, листовой опад и почки деревьев [3, с. 5-6].

Агрессивные вещества окружающей среды представлены промышленными загрязнениями (цементная пыль, строительная пыль), тормозной жидкостью и техническими жидкостями, аккумуляторными кислотами, дорожными реагентами и химическими веществами, топливными подтеками и масляными пятнами [4, с. 7-8].

Производственные дефекты возникают из-за нарушения технологии окраски, использования некачественных материалов, неправильной подготовки поверхности, нарушения температурного режима при окраске, недостаточной адгезии между слоями покрытия [5, с. 9-10].

Природные воздействия включают ультрафиолетовое излучение, резкие перепады температур, атмосферные осадки различной интенсивности, повышенную влажность, конденсацию влаги на поверхности кузова [6, с. 11-12].

Для продления срока службы лакокрасочного покрытия рекомендуется проводить регулярную профессиональную мойку и чистку, защищать от прямых солнечных лучей, осуществлять своевременную полировку специальными составами, использовать защитные покрытия (воск, керамика), оперативно удалять загрязнения, применять защитные пленки, правильно выбирать автокосметику [7, с. 13-14].

Комплексный уход за ЛКП включает регулярный осмотр кузова на предмет повреждений, своевременное устранение мелких дефектов, использование качественных моющих средств, правильную технику мойки и сушки, сезонную защиту покрытия, профессиональное обслуживание у специалистов [8, с. 15-16].

Комплексный подход к защите лакокрасочного покрытия с учетом всех влияющих факторов позволяет значительно продлить срок его службы и сохранить привлекательный внешний вид автомобиля. Регулярный уход и своевременная защита от негативных воздействий являются ключевыми факторами сохранения целостности ЛКП.

Библиографический список

1. Барановский В.А. Автомобиль: 1001 совет. М.: Издательский центр «Современная школа», 2007. 160 с.
2. Федосова М.Е., Федосов А.Е. Определение причин и механизмов возникновения дефектов лакокрасочного покрытия автомобилей // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2013.
3. Керкхофф П., Хааген Г. Каталог повреждений лакокрасочных покрытий. М.: Издательский дом Третий Рим, 2004. 272 с.
4. ГОСТ Р 51694-2000. Материалы лакокрасочные. Определение толщины покрытия.
5. ГОСТ Р 54586-2011. Материалы лакокрасочные. Метод определения твердости покрытия по карандашу.
6. ГОСТ 24621-91. Определение твёрдости при вдавливании с помощью дюрометра.
7. Секреты долгой службы лакокрасочного покрытия авто // Электронный журнал Авто3N. 2024.
8. Иванов С.В. Современные методы защиты лакокрасочных покрытий автомобилей. М.: Транспорт, 2023. 180 с.

УДК 629.331

БОЛЬШАКОВ Е.В., ЮРОВ А.М., АРХИПОВ А.Н.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ПЕРИОДИЧНОСТИ ЗАМЕНЫ МОТОРНОГО МАСЛА

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева

Моторное масло является критически важным компонентом, обеспечивающим долговечность и надежность двигателя внутреннего сгорания. Оно выполняет функции смазки, охлаждения, очистки от продуктов износа и защиты от коррозии. Своевременная замена

масла напрямую влияет на ресурс силового агрегата. На практике применяются три принципиально разных подхода к определению интервала замены: по пройденному километражу, по календарному сроку и по наработке в моточасах. Рассмотрим подробнее каждый из них.

1. Замена по пробегу

Наиболее распространенным подходом к замене масла является ориентация на показания одометра. Данный метод предполагает, что деградация свойств масла прямо пропорциональна пройденному автомобилем пути. Для большинства современных легковых автомобилей производители устанавливают интервал замены в диапазоне 10 000-15 000 километров. Однако эти цифры являются усредненными и получены для так называемых «нормальных» или «идеальных» условий эксплуатации. Под таковыми понимается движение преимущественно по трассовым маршрутам с постоянной скоростью, минимальным количеством остановок и стабильным температурным режимом двигателя. В реальной практике подобные условия встречаются достаточно редко.

Далее представлены официальные рекомендации для автомобилей Toyota (табл.1).

Таблица 1

Официальные рекомендации на японские автомобили Toyota внутреннего рынка Японии

Тип двигателя	Нормальные условия	Тяжелые условия
Бензин (атмосферный)	15000км	7500км
Бензин с наддувом	5000км	2500км
Дизель	5000-20000км	2500-10000км

Данная таблица демонстрирует разницу в интервале замена масла, в зависимости от условий эксплуатации и типа двигателя

2. Замена по времени

Второй распространенный ориентир – временной интервал. Даже если автомобиль мало эксплуатируется, масло рекомендуется менять не реже одного раза в год. Это связано с химическими процессами, протекающими в смазочном материале независимо от работы двигателя: окислением при контакте с воздухом, накоплением влаги из-за конденсата, деградацией присадок. Особенно важно соблюдать временной интервал для автомобилей, эксплуатирующихся в режиме коротких поездок. При таких условиях двигатель, в большинстве случаев, не прогревается до рабочей температуры и в масле накапливается вода и топливо, которые не успевают испариться. Производители учитывают описанные факторы, устанавливая предельные сроки замены масла независимо от пробега. В табл. 2 приведены официальные рекомендации для автомобилей Toyota, демонстрирующие сокращение или увеличение интервала замена в зависимости от типа двигателя и условий эксплуатации.

Таблица 2

Официальные рекомендации на японские автомобили Toyota внутреннего рынка Японии

Тип двигателя	Нормальные условия	Тяжелые условия
Бензин (атмосферный)	Один год	6 месяцев
Бензин с наддувом	6 месяцев	Три месяца
Дизель	Каждый год или 6 месяцев	Раз в год или в раз в три месяца

3. Замена по моточасам

Моточасы – это единица измерения времени работы двигателя, учитывающая нагрузку и режим работы. Один моточас соответствует одному часу работы двигателя. Данный показатель широко применяется в сфере обслуживания специальной, сельскохозяйственной и строительной техники, где учет пробега в километрах неинформативен. Именно моточасы являются наиболее объективным показателем, поскольку отражают реальную наработку двигателя. Два автомобиля с одинаковым пробегом могут иметь совершенно разное количество

моточасов, если один эксплуатировался преимущественно в городских пробках, а другой – на трассе. Таким образом, при одинаковом пробеге двигатель, эксплуатируемый преимущественно в городе, подвергает масло значительно более интенсивному старению. Именно этим объясняется необходимость сокращения сервисных интервалов для автомобилей, относимых производителями к категории «тяжелых условий эксплуатации»

Типичные рекомендации производителей масел по интервалу замены есть в табл. 3.

Таблица 3

Рекомендации производителей по интервалам замены масла

Тип масла	Спецификация API	Ресурс, моточасы	Эквивалентный пробег в городе
Минеральное	SL и ниже	150	3600
Полусинтетическое	SM	200-250	4800-6000
Синтетическое	SN/SN+/SP	350-450	6000-8400

Проведенный анализ существующих методов оценки периодичности замены моторного масла позволяет сделать следующие выводы:

1) замена по пробегу – наиболее простой, но наименее точный метод;
2) замена по времени – обязательное дополнение к пробегу, обусловленное химическим старением масла;
3) замена по моточасам – наиболее объективный критерий, отражающий фактическую наработку двигателя.

Общий вывод: оптимальная стратегия замены масла требует комбинированного подхода – соблюдения временных ограничений, расчета пробега с коррекцией на моточасы и учета реальных условий эксплуатации. Игнорирование данного подхода ведет либо к неоправданным расходам на преждевременную замену, либо к ускоренному износу двигателя вследствие эксплуатации на деградировавшем масле.

УДК 629.331

БОЛЬШАКОВ Е.В., АРХИПОВ А.Н., ЮРОВ А.М.,

ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОСТАВА МАСЛА В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева

Моторное масло является важнейшим элементом двигателя внутреннего сгорания, обеспечивающим не только снижение трения между сопряженными деталями, но и отвод тепла, очистку от продуктов износа, герметизацию зазоров и защиту от коррозии. Современные смазочные материалы имеют сложный состав, и изменение его свидетельствует о снижении его свойств. В процессе эксплуатации моторное масло подвергается воздействию множественных разрушительных факторов: термическому разложению, окислению, загрязнению продуктами износа и несгоревшим топливом, гидролизу присадок под действием конденсата. Понимание процессов, происходящих в двигателе и химических процессов происходящих в масле, позволяет обоснованно подходить к выбору сервисного интервала и избегать критических состояний, ведущих к необратимому повреждению двигателя.

Основными процессами являются:

1) окисление – образование карбонильных соединений, спиртов, кислот;
2) деградация присадок – истощение ZDDP, снижение щелочного числа;
3) накопление продуктов износа – металлы (Fe, Cu, Al, Cr, Pb);
4) загрязнение – сажа, вода, топливо, нерастворимые осадки;
5) изменение структуры – укорочение парафиновых цепей, накопление кислородсодержащих соединений.

Далее представлены результаты анализа нового моторного масла, проведенные Ойл-Клаб (табл.1).

Таблица 1

Результат лабораторного исследования нового моторного масла

ОТЧЕТ ОБ ИСПЫТАНИИ

ОБЪЕКТ ИСПЫТАНИЙ

Наименование смазочного материала	Mobil1 ESP X1 Formula 0W-30

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

Наименование показателя	Единицы измерения	Метод испытания	Требования нормативов	Фактические значения для образца
Вязкость кинематическая при 40°С	мм²/с	ГОСТ 33	нет данных	65,57
Вязкость кинематическая при 100°С	мм²/с	ГОСТ 33	9,3-12,5[1]	11,89
Индекс вязкости	-	ГОСТ 25371	нет данных	180
Щелочное число	мг. КОН на 1 г.	ГОСТ 30050	нет данных	7,85
Кислотное число	мг. КОН на 1 г.	ГОСТ 11362	нет данных	1,93
Зола сульфатная	%	ГОСТ 12417	нет данных	0,84
Температура вспышки	°С	ГОСТ 4333	нет данных	238
Температура застывания	°С	ГОСТ 20287	нет данных	минус 44
Вязкость кажущаяся динамическая, определяемая на имитаторе холодной прокрутки CCS при минус 35°С	мПас	АСТМ Д 5293	6200[1] не более	5890
Испаряемость по методу Ноака	%	АСТМ Д 5800	нет данных	9,2
Массовая доля серы	%	АСТМ Д 6481	нет данных	0,207
Показатель износа при осевой нагрузке 392Н, при 20°С, в течении 1 часа	мм	ГОСТ 9490	нет данных	0,33
Массовая доля элементов:				
молибден Mo	мг/кг	АСТМ Д 5185	нет данных	81
фосфор P			нет данных	805
цинк Zn			нет данных	922
барий Ba			нет данных	0
бор B			нет данных	292
магний Mg			нет данных	16
кальций Ca			нет данных	1661
олово Sn			нет данных	0
свинец Pb			нет данных	0
алюминий Al			нет данных	1
железо Fe			нет данных	1
хром Cr			нет данных	0
медь Cu			нет данных	0
никель Ni			нет данных	0
титан Ti			нет данных	0
кремний Si			нет данных	4
натрий Na			нет данных	2
калий K			нет данных	1
Содержание воды	IR Units	ACTM E 2412	10..40[2]	21
Содержание этиленгликоля			0..1[2]	0
Содержание продуктов окисления			6..12[2]	39
Содержание продуктов нитрации			3..8[2]	9

[1] согласно спецификации SAE J300

[2] согласно программы анализа масел JOAP значения в указанных интервалах или менее оцениваются как следы или отсутствие

oil-club.ru/forum/

В данном отчете в первую очередь стоит обращать внимание на следующие показатели: Содержание в составе свинца, алюминия, железа, хрома, меди, никеля – превышение допустимых величин данных элементов сигнализирует об износе двигателя и срочной необходимости замены масла. Так же важно смотреть на кинематическую вязкость, щелочное и кислотное число. Не менее важными в составе масла является содержание воды, продуктов окисления и продуктов нитрации.

Лабораторные исследования отработанных моторных масел, проводимые по стандартизированным методикам (ASTM D2896, D4739, D445, D664 и спектральный анализ), показывают, что при увеличении наработки двигателя ключевые показатели масла системно приближаются к критическим порогам (табл. 2).

Таблица 2

Результат лабораторного исследования моторного масла с пробегом 32614км/815 м.ч

ОБЪЕКТ ИСПЫТАНИЙ

Наименование смазочного материала	**Motul Specific Dexos2 5W-30**
Место отбора	картер ДВС а/м Chevrolet Aveo 2010г.в.
Наработка на масло	32 614 км 815 м.ч
Общий пробег	84 682 км.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

Наименование показателя	*Единицы измерения*	*Метод испытания*	*Нормальные значения*	*Данные для свежего масла*[3]	*Фактические значения для образца*	!
Вязкость кинематическая при 40°С	мм^2/с	ГОСТ 33	нет данных	*68,11*	*95,64*	
Вязкость кинематическая при 100°С	мм^2/с	ГОСТ 33	9,3-12,5[1]	*11,74*	*16,80*	
Индекс вязкости	-	ГОСТ 25371	нет данных	*169*	*191*	
Щелочное число	мг. КОН на 1 г.	-	не менее 2,5	*7,23 ГОСТ 30050*	*2,41 ГОСТ 11362*	
Кислотное число	мг. КОН на 1 г.	ГОСТ 11362	нет данных	*1,59*	*7,25*	
Температура вспышки	°С	ГОСТ 4333	нет данных	*232*	*197*	
Содержание ВКЩ	pH	ГОСТ 6307	нет данных	-	*4,45*	
Коррозионное воздействие на медь при 150°С, в течении 3х часов в соответствии с допуском RN0700.	баллы	ГОСТ 2917	нет данных	-	*2c*	
Массовая доля элементов:						
молибден (Mo)			нет данных	*0*	*0*	
фосфор (P)			нет данных	*973*	*745*	
цинк (Zn)			нет данных	*1057*	*946*	
барий (Ba)			нет данных	*0*	*0*	
бор (B)			нет данных	*2*	*30*	
магний (Mg)			нет данных	*6*	*14*	
кальций (Ca)			нет данных	*2166*	*1968*	
олово (Sn)			< 10	*0*	*0*	
свинец (Pb)	мг/кг	АСТМ Д 5185	< 30	*0*	*213*	
алюминий (Al)			< 15	*4*	*8*	
железо (Fe)			<100	*1*	*319*	
хром (Cr)			< 5	*0*	*4*	
медь (Cu)			< 30	*0*	*4*	
никель (Ni)			< 4	*0*	*4*	
титан (Ti)			-	*0*	*0*	
кремний (Si)			< 20	*5*	*22*	
натрий (Na)			< 15	*0*	*1*	
калий (K)			нет данных	*0*	*1*	
Содержание воды	IR Units	АСТМ Е 2412	10..40[2]	*17*	*54*	
Содержание этиленгликоля			0..1[2]	*0*	*0*	
Содержание продуктов окисления			6..12[2]	*14*	*54*	

Вязкость отклоняется от исходной – либо растет из-за окисления и накопления сажи, либо падает из-за разбавления топливом. В обоих случаях нарушается способность масла формировать устойчивую смазочную пленку.

Щелочное число (TBN) снижается, а кислотное число (TAN) увеличивается. В точке TBN ≈ TAN масло полностью утрачивает способность нейтрализовать агрессивные кислоты, образующиеся при сгорании топлива. Кислоты начинают разъедать антифрикционные слои вкладышей, вызывают коррозию и способствуют образованию лаковых отложений на деталях.

Спектральный анализ фиксирует рост концентрации металлов износа (Fe, Cu, Al) выше порогов. Это свидетельствует о том, что продукты износа циркулируют в системе смазки, работая как абразив и многократно ускоряя дальнейшую деградацию.

Сажа и нерастворимые осадки превышают 2–3%, что ведет к загущению масла, забивке масляных каналов и фильтров, а также потере моющих свойств – детергенты уже не удерживают загрязнения во взвешенном состоянии, и они оседают на стенках цилиндров, поршневых кольцах и в канавках поршней. В табл. 2 представлены результаты исследования, в котором масло в 2,5 раза превысило рекомендуемый интервал замены.

Таким образом, лабораторный анализ отработанного масла является объективным инструментом для определения фактического состояния смазочного материала и технического состояния двигателя. Данные спектрального анализа и измерения физико-химических показателей позволяют не только своевременно назначить замену масла, но и предотвратить за-

рождающиеся неисправности двигателя до появления внешних симптомов (стуки, дымление, падение компрессии).

УДК 629.331

ВАЛОВ Д.В., ИЛЬЯНОВ С.В., БОРИСОВ Г.В.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ ГАЗЕЛЬ NEXT В РЕАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева

Развитие коммерческого электротранспорта требует уточнения методик расчёта эксплуатационных показателей, поскольку существующая методология WLTP часто не отражает реальных условий эксплуатации [1, 2]. Для корректной оценки энергоэффективности электромобилей необходимо учитывать реальное состояние дорожного покрытия, скорость движения автомобиля и параметры его силовой установки.

Цель исследования – определение зависимостей энергопотребления и запаса хода электромобиля ГАЗель Next Электро от состояния асфальтобетонного покрытия и условий эксплуатации.

Расчёт основан на балансе энергозатрат электромобиля при разгоне, равномерном движении и рекуперативном торможении [3, 4].

Формула для расчета энергии, затраченной на преодоление сопротивлений при разгоне (A_{pi}) имеет вид:

$$\mathrm{A_{p}}i = \frac{\psi mg(v_{i+1}^2 - v_i^2)}{2j_i} + \frac{k_в F_а (v_{i+1}^4 - v_i^4)}{4j_i} + \frac{\delta_{вр} m(v_{i+1}^2 - v_i^2)}{2}, \quad (1)$$

где:

m – полная масса электромобиля, кг;

g = 9,81 – ускорение свободного падения, м/с^2;

ψ – коэффициент сопротивления дороги;

v – скорость движения электромобиля, м/с;

$k_в$ – коэффициент сопротивления воздуха, Н · с^2/м^4;

$F_а$ – лобовая площадь электромобиля, м^2;

j – ускорение электромобиля, м/с^2;

$\delta_{вр}$ – коэффициент учета вращающихся масс.

Энергия, расходуемая электромобилем на разгон, определяется как:

$$E_{НЭр}i = \frac{\mathrm{A_{p}}i}{\eta_{су} \cdot 3{,}6 \cdot 10^6}, \quad (2)$$

где:

$\eta_{су} = \eta_и \cdot \eta_{эд} \cdot \eta_м$ – КПД электромеханической силовой установки;

$\eta_и$ – КПД инвентора;

$\eta_{эд}$ – КПД тягового электродвигателя;

$\eta_м$ – КПД механической части силовой установки.

В свою очередь, работа по преодолению сил сопротивления движению на участке с постоянной скоростью будет иметь вид:

$$\mathrm{A_{п}}i = \psi mg v_i (t_{i+1} - t_i) + k_в F_а v_i^3 (t_{i+1} - t_i), \quad (3)$$

где:

t – время движения.

Энергия, расходуемая электромобилем на этом участке, рассчитывается как:

$$E_{\text{НЭр}i} = \frac{\text{A}_{\text{п}i}}{\eta_{\text{су}} \cdot 3{,}6 \cdot 10^6}. \quad (4)$$

Энергия, получаемая в процессе рекуперативного торможения, найдена по следующей формуле:

$$E_{\text{НЭрек}i} = \eta_{\text{рек}} \left(\frac{\delta_{\text{вр}} m (v_i^2 - v_{i+1}^2)}{2} - \frac{\psi m g (v_i^2 - v_{i+1}^2)}{2 j_i} - \frac{k_{\text{в}} F_{\text{а}} (v_i^4 - v_{i+1}^4)}{4 j_i} \right) / (3{,}6 \cdot 10^6), \quad (5)$$

где:

$\eta_{\text{рек}}$ – КПД рекуперации.

Общие затраты энергии при движении по заданному циклу вычисляются как разность расходуемой и рекуперируемой энергий:

$$E_{\text{НЭзатр}} = E_{\text{НЭрасх}} - E_{\text{НЭрек}}. \quad (6)$$

Удельный расход энергии накопителя за цикл в кВт · ч на км пути рассчитывается как:

$$E_{\text{НЭуд}} = \frac{E_{\text{НЭзатр}}}{L_{\text{ц}}}, \quad (7)$$

где:

$L_{\text{ц}}$ – расстояние, км, проходимое электромобилем при движении по заданному циклу.

Запас хода электромобиля определяется по выражению:

$$S = \frac{\text{E}_{\text{акум}}}{\text{E}_{\text{НЭуд}}}, \quad (8)$$

где:

$\text{E}_{\text{акум}}$ – ёмкость высоковольтной батареи электромобиля, кВт · ч;

$\text{E}_{\text{НЭуд}}$ – удельный расход энергии накопителя за цикл в кВт · ч на км пути.

Таблица 1

Результаты полученных значений расчетных параметров для электромобиля ГАЗель Next Электро

Энергоемкость комплектуемой ВВБ	24 кВт · ч	47 кВт · ч	70 кВт · ч
Тип и состояние опорной поверхности	**асфальтобетонное покрытие дороги в хорошем состоянии**		
Цикл движения	Простой городской		
Удельный расход энергии за цикл на км пути, $E_{\text{НЭуд}i}$, кВт · ч/км	0,4825		
Запас хода электромобиля, км	49,74	97,41	145,08
Цикл движения	Загородный		
Удельный расход энергии за цикл на км пути, $E_{\text{НЭуд}i}$, кВт · ч/км	0,5611		
Запас хода электромобиля, км	42,77	83,76	124,75
Тип и состояние опорной поверхности	**асфальтобетонное покрытие дороги в удовлетворительном состоянии**		
Цикл движения	Простой городской		
Удельный расход энергии за цикл на км пути, $E_{\text{НЭуд}i}$, кВт · ч/км	0,5842		
Запас хода электромобиля, км	41,08	80,45	119,82
Цикл движения	Загородный		
Удельный расход энергии за цикл на км пути, $E_{\text{НЭуд}i}$, кВт · ч/км	0,6765		
Запас хода электромобиля, км	35,48	69,48	103,48

Для расчетов были учтены коэффициенты сопротивления качению: ψ = 0,008 для хорошего состояния и ψ = 0,018 для удовлетворительного, что отражает реальные условия эксплуатации автомобилей категории N1 при перевозке грузов, согласно [табл. 1.1, 7].

На основе представленной методики выполнены расчеты для электромобиля ГАЗель Next (полная масса 4200 кг, $F_{\text{а}}$ = 4,82 м², $\eta_{\text{су}}$= 0,83, $\eta_{\text{рек}}$ = 0,7) в городском и загородном циклах согласно ГОСТ Р 41.101-99.

Результаты полученных значений расчетных параметров для электромобиля ГАЗель Next Электро представлены в табл. 1.

Результаты сравнительного анализа влияния состояния покрытия на удельный расход энергии электромобиля ГАЗель Next Электро представлены в табл. 2.

Таблица 2

Сравнительный анализ влияния состояния покрытия на запас хода электромобиля ГАЗель Next Электро

Цикл движения	Запас хода электромобиля, км, в зависимости от энергоёмкости, комплектуемой ВВБ						Разница показателей, %
	24 кВт · ч	47 кВт · ч	70 кВт · ч	24 кВт · ч	47 кВт · ч	70 кВт · ч	
	асфальтобетонное покрытие дороги в хорошем состоянии			асфальтобетонное покрытие дороги в удовлетворительном состоянии			
Простой городской	49,74	97,41	145,08	41,08	80,45	119,82	-17,4
Загородный	42,77	83,76	124,75	35,48	69,48	103,48	-17,1

Как видно из табл. 1 и 2, запас хода зависит от энергоёмкости ВВБ и варьируется в диапазоне 35,48-145,08 км. При переходе с хорошего на удовлетворительное покрытие запас хода сокращается на 17,1-17,4 %, что подтверждает значительное влияние дорожных условий.

Вывод: автомобиль ГАЗель Next Электро является рациональным решением для городских маршрутов, но при этом для устойчивой работы требуется развитая зарядная инфраструктура. Показано, что ухудшение состояния покрытия приводит к увеличению удельного расхода энергии на 20,6-21,1 % и сокращению запаса хода на 17 % в среднем.

Библиографический список

1. **Борисов Г.В., Ильянов С.В., Кузьмин Н.А., Корчажкин М.Г.** Теоретическое прогнозирование расходов топлива грузовыми автомобилями: монография. – Saarbrucken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2018. 176 с.
2. ГОСТ Р 41.101-99. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения легковых автомобилей, оборудованных двигателем внутреннего сгорания, в отношении измерения объема выбросов диоксида углерода и расхода топлива, а также транспортных средств категории M1 и N1, оборудованных электроприводом, в отношении измерения расхода электроэнергии и запаса хода. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. 38 с.
3. **Джутон Э., Рейн К.** и др. Электромобиль: устройство, принцип работы, инфраструктура / пер. с франц. В.И. Петровичева. – М.: ДМК Пресс, 2022. 440 с.
4. **Ильянов С.В.** Методика определения расхода топлива городскими автобусами с учётом параметров скоростного режима движения: монография. – Н. Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2021. 169 с.
5. **Ильянов С.В., Борисов Г.В., Корчажкин М.Г., Кузьмин Н.А.** Теоретическое прогнозирование расхода топлива городскими автобусами: монография. – Н. Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2023. 144 с.
6. **Конгар-оол В.В.** Электромобили и их влияние на окружающую среду // Вестник Тувинского государственного университета. Выпуск 3. 2021. № 4 (86). С. 60-68.
7. **Кравец В.Н.** Теория автомобиля: учеб. пособие. – Н. Новгород: НГТУ, 2007. 368 с.
8. **Кузьмин Н.А., Песков В.И.** Теория эксплуатационных свойств автомобиля: учеб. пособие. – М.: ФОРУМ; НИЦ ИНФРА-М, 2013. 256 с.

УДК 629.331

ВАЛОВ Д.В., ИЛЬЯНОВ С.В.

АНАЛИЗ СООТВЕТСТВИЯ РАСЧЁТНЫХ И НОРМИРУЕМЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАСХОДА ТОПЛИВА И ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ АВТОМОБИЛЕЙ ГАЗЕЛЬ NEXT

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева

Выполнен сравнительный анализ нормативных и расчётных показателей расхода топлива и электроэнергии автомобилей ГАЗель Next с различными типами силовых установок. Установлено, что нормативы АМ-23-р [9] не учитывают влияние состояния покрытия и реальных режимов движения, что приводит к расхождениям до 65 %. Электромобиль наиболее энергоёмок, бензиновая модификация – наименее экономична, а двигатели на дизельном топливе и сжиженном нефтяном газе демонстрируют устойчивую эффективность в загородных условиях. Предложены направления уточнения нормативной базы для коммерческого транспорта категории N1.

Цель работы – оценить сходимость нормативных значений расхода топлива и электроэнергии, определённых по методике Минтранса России АМ-23-р, с расчётными данными, полученными с учётом реальных дорожных и эксплуатационных факторов.

Расчёты выполнены на основе модели баланса мощностей с учётом сопротивления качению и аэродинамического сопротивления. Для моделирования были учтены коэффициенты сопротивления качению: ψ = 0,008 для хорошего состояния и ψ = 0,018 для удовлетворительного, что отражает реальные условия эксплуатации автомобилей категории N1 при перевозке грузов, согласно [табл. 1.1, 7].

В качестве объекта исследования выступили серийные модификации автомобиля ГАЗель Next категории N1 с полной массой 3500 кг:

1. ГАЗ-А31R22 с дизельным двигателем G21A;
2. ГАЗ-А31R23 с бензиновым двигателем УМЗ-4216;
3. ГАЗ-А31R23 с газобаллонным оборудованием (СНГ) на базе двигателя УМЗ-А275;
4. ГАЗель Next Электро (ВВБ 24, 47, 70 кВт · ч).

Нормативный расход топлива по АМ-23-р [9] определяется выражением:

$$Q_{\text{н}} = 0{,}01 \cdot (H_s \cdot S + H_w \cdot W) \cdot (1 + 0{,}01 \cdot D)\,, \qquad (1)$$

где:

$Q_{\text{н}}$ – нормативный расход топлива, л;

H_s– базовая норма расхода топлива на пробег автомобиля в снаряжённом состоянии, л/100 км;

S – пробег автомобиля, км;

H_w – норма расхода топлива на транспортную работу, л/100 т · км;

W – объём транспортной работы, т · км;

D – суммарный поправочный коэффициент, % (25 % для пробега по г. Нижний Новгород и 15 % для пробега в загородной зоне для дорог I, II, III категории и высоте над уровнем моря до 300 м).

Результаты расчётов линейного расхода топлива и удельного расхода электроэнергии, а также нормативные значения по АМ-23-р [9] для автомобилей ГАЗель Next с различными типами двигателей в городском и загородном цикле, при покрытии дороги в хорошем и удовлетворительном состоянии, представлены в табл. 1 и в табл. 2 соответственно.

Как видно из табл. 1 и 2 расход в городе у дизельной модификации (G21A) – 14,2 л/100 км (на 16,6 % ниже нормативного 17,02 л/100 км), в загородных условиях – 9,7-10,8 л/100 км (экономия до 38,0 %). Ухудшение покрытия увеличивает затраты на 10,2-17,3 %.

Таблица 1

Сравнительный анализ линейного расхода топлива с нормативными значениями по АМ-23-р для автомобилей ГАЗель Next с различными типами двигателей в городском и загородном цикле, при покрытии дороги в хорошем и удовлетворительном состоянии

Модификация	Цикл движения	Состояние покрытия	Нормативное значение по АМ-23-р, л/100 км	Расчётное значение, л/100 км	Разница показателей, %
Газель Next ГАЗ-А31R22 (ДТ)	Городской	Хорошее	17,02	14,2	16,6
		Удовлетворительное		17,16	-0,8
	Загородный	Хорошее	15,65	9,7	38,0
		Удовлетворительное		10,8	31,0
Газель Next ГАЗ-А31R23 (АИ-92)	Городской	Хорошее	21,30	26,0	-18,1
		Удовлетворительное		30,35	-29,8
	Загородный	Хорошее	19,59	12,4	36,7
		Удовлетворительное		14,1	28,0
Газель Next ГАЗ-А31R23 (СНГ)	Городской	Хорошее	28,11	37,4	-24,8
		Удовлетворительное		43,74	-35,7
	Загородный	Хорошее	25,86	17,9	30,8
		Удовлетворительное		20,4	21,1

Таблица 2

Сравнительный анализ удельного расхода электроэнергии с нормативными значениями по АМ-23-р для автомобилей ГАЗель Next в городском и загородном цикле, при покрытии дороги в хорошем и удовлетворительном состоянии

Модификация	Цикл движения	Состояние покрытия	Нормативное значение по АМ-23-р, кВт · ч/км	Расчётное значение, кВт · ч/км	Разница показателей, %
Газель Next (ЭЛЕКТРО)	Городской	Хорошее	0,2557	0,4825	-47,0
		Удовлетворительное		0,5842	-56,2
	Загородный	Хорошее	0,2353	0,5611	-58,1
		Удовлетворительное		0,6765	-65,2

Перерасход по сравнению с нормативом у бензинового двигателя (УМЗ-4216) составляет 18,1-29,8 % в городе и до 28,0 % в загородном режиме. Высокая чувствительность к состоянию покрытия подтверждает низкую эффективность при интенсивных разгонах и торможениях. Рост затрат при смене дорожного покрытия достигает 12,1-14,3 %.

В городском цикле движения перерасход газобаллонной модификации (УМЗ А275) относительно АМ-23-р достигает 24,8-35,7 %, в загородных условиях наблюдается экономия до 30,8 %. При плохом покрытии рост затрат повышается на 12,3-14,5 %.

Поскольку АМ-23-р не содержит норм для электротранспорта категории N1, выполнено сопоставление с аналогами (Fiat 500e, Nissan Leaf, BMW i3, и др.). Средний нормативный расход по группе – 0,2557 кВт· ч/км в городе и 0,2353 кВт· ч/км на трассе. Расчётные значения для ГАЗель Next Электро – 0,4825-0,6765 кВт·ч/км, что выше норматива на 47,0-65,2 %. Причины: повышенная масса, аэродинамическое сопротивление кузова и меньший КПД электромеханической системы. Ухудшение покрытия увеличивает затраты на 17,1-17,4 %.

Для всех двигателей зафиксирован рост расхода топлива и энергии при переходе от хорошего к удовлетворительному состоянию асфальтобетонного покрытия.

Выводы: методика АМ-23-р [9] не учитывает реальные эксплуатационные факторы, вследствие чего расчётные показатели расхода топлива и электроэнергии автомобилей ГАЗель Next отличаются от нормативных на 16,6-65,2 %. В свою очередь, электромобиль ГА-

Зель Next Электро – наиболее энергоёмкий вариант. Его фактические показатели превышают усреднённые нормативы для аналогов до 1,6 раз, что требует пересмотра подходов к нормированию электротранспорта категории N1.

Бензиновая версия – наименее эффективна. Расход топлива стабильно выше нормативов, особенно в городских условиях. Стоит отметить, что дорожное покрытие является ключевым фактором в решении данного вопроса. При ухудшении состояния покрытия расход возрастает на 14,4 %, что должно учитываться в нормативной базе. Результаты позволяют корректировать нормативы АМ-23-р [9] для планирования эксплуатационных затрат, обоснованного выбора типа силовой установки и оптимизации маршрутов.

Библиографический список

1. **Борисов Г.В., Ильянов С.В., Кузьмин Н.А., Корчажкин М.Г.** Теоретическое прогнозирование расходов топлива грузовыми автомобилями: монография. – Saarbrucken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2018. 176 с.
2. ГОСТ Р 41.101-99. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения легковых автомобилей, оборудованных двигателем внутреннего сгорания, в отношении измерения объема выбросов диоксида углерода и расхода топлива, а также транспортных средств категории M1 и N1, оборудованных электроприводом, в отношении измерения расхода электроэнергии и запаса хода. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. 38 с.
3. **Джутон Э., Рейн К.** и др. Электромобиль: устройство, принцип работы, инфраструктура / пер. с франц. В.И. Петровичева. – М.: ДМК Пресс, 2022. 440 с.
4. **Ильянов С.В.** Методика определения расхода топлива городскими автобусами с учётом параметров скоростного режима движения: монография. – Н. Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2021. 169 с.
5. **Ильянов С.В., Борисов Г.В., Корчажкин М.Г., Кузьмин Н.А.** Теоретическое прогнозирование расхода топлива городскими автобусами: монография. – Н. Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2023. 144 с.
6. **Конгар-оол В.В.** Электромобили и их влияние на окружающую среду // Вестник Тувинского государственного университета. Выпуск 3. 2021. № 4 (86). С. 60-68.
7. **Кравец В.Н.** Теория автомобиля: учеб. пособие. – Н. Новгород: НГТУ, 2007. 368 с.
8. **Кузьмин Н.А., Песков В.И.** Теория эксплуатационных свойств автомобиля: учеб. пособие. – М.: ФОРУМ; НИЦ ИНФРА-М, 2013. 256 с.
9. Распоряжение Минтранса России от 14.03.2008 N АМ-23-р (ред. от 30.09.2021) «О введении в действие методических рекомендаций «Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте».

УДК 629.331

ВАЛОВ Д.В., ИЛЬЯНОВ С.В.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ МОДИФИКАЦИЙ АВТОМОБИЛЯ ГАЗЕЛЬ NEXT С ДВС НА РАЗЛИЧНЫХ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЯХ

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева

Топливная экономичность является одним из определяющих критериев эффективности эксплуатации коммерческих автомобилей. Для автомобилей семейства ГАЗель Next особое

значение имеют эксплуатационные условия, в том числе состояние дорожного покрытия, которое в существующих нормативных методиках часто учитывается упрощённо [1, 2, 3].

Цель работы – определить закономерности изменения линейного расхода топлива автомобилей ГАЗель Next с разными типами двигателей в зависимости от состояния дорожного покрытия и условий эксплуатации.

Исследование выполнено по расчётной модели, основанной на балансе мощностей, где полный расход топлива определяется через сумму мощностей, затрачиваемых на преодоление дорожного и аэродинамического сопротивлений, а также потерь на разгон [4-6]:

$$Q_S = \frac{g_e^s \cdot \left(P_\psi^s + P_w^s + P_j^s\right)}{10 \cdot \rho_т \cdot V_{ср} \cdot \eta_{тр}}, л/100\ км$$

где:

g_e^s – удельный эффективный расход топлива двигателем, соответствующий режиму работы двигателя s при движении автомобиля со скоростью $V_{ср}$, г/кВт · ч;

P_ψ^s – мощность двигателя, затрачиваемая на преодоление суммарного дорожного сопротивления, соответствующая режиму работы двигателя s при движении автомобиля со скоростью $V_{ср}$, кВт;

P_w^s – мощность двигателя, затрачиваемая на преодоление аэродинамического сопротивления, соответствующая режиму работы двигателя s при движении автомобиля со скоростью $V_{ср}$, кВт;

P_j^s – мощность, затрачиваемая на разгон вращающихся деталей двигателя и трансмиссии, соответствующая режиму работы двигателя s при движении автомобиля со скоростью $V_{ср}$, кВт;

10 (36) – переводной коэффициент при размерности $V_{ср}$ в км/ч (м/с);

$\rho_т$ – плотность топлива;

$\eta_{тр}$ – КПД трансмиссии;

$V_{ср}$ – средневзвешенная по интенсивности городского (загородного) дорожного движения скорость автомобиля, согласно проведенным исследованиям на кафедре «Автомобильный транспорт» НГТУ им. Р.Е. Алексеева [1, 5] в городских условиях составляет 22,03 км/ч, а на загородных участках дорог с твердым покрытием (категории Д1 и Д2) 70 км/ч.

Для расчетов были учтены коэффициенты сопротивления качению: ψ = 0,008 для хорошего состояния и ψ = 0,018 для удовлетворительного, что отражает реальные условия эксплуатации автомобилей категории N1 при перевозке грузов , согласно [табл. 1.1, 7].

В качестве объекта исследования выступили серийные модификации автомобиля ГАЗель Next категории N1 с полной массой 3500 кг:

1. ГАЗ-А31R22 с дизельным двигателем G21A;
2. ГАЗ-А31R23 с бензиновым двигателем УМЗ-4216;
3. ГАЗ-А31R23 с газобаллонным оборудованием (СНГ) на базе двигателя УМЗ-А275.

Результаты расчётов линейного расхода топлива представлены в табл. 1.

Таблица 1

Линейный расход топлива модификаций ГАЗель Next, л/100 км

Модификация (тип двигателя)	Городской цикл		Загородный цикл	
	хорошее покрытие	удовлетворительное покрытие	хорошее покрытие	удовлетворительное покрытие
Дизель: G21A	14,2	17,16	9,7	10,8
Бензин: УМЗ-4216	26,0	30,35	12,4	14,1
СНГ: УМЗ-А275	37,4	43,74	17,9	20,4

Полученные результаты отображены на рис. 1.

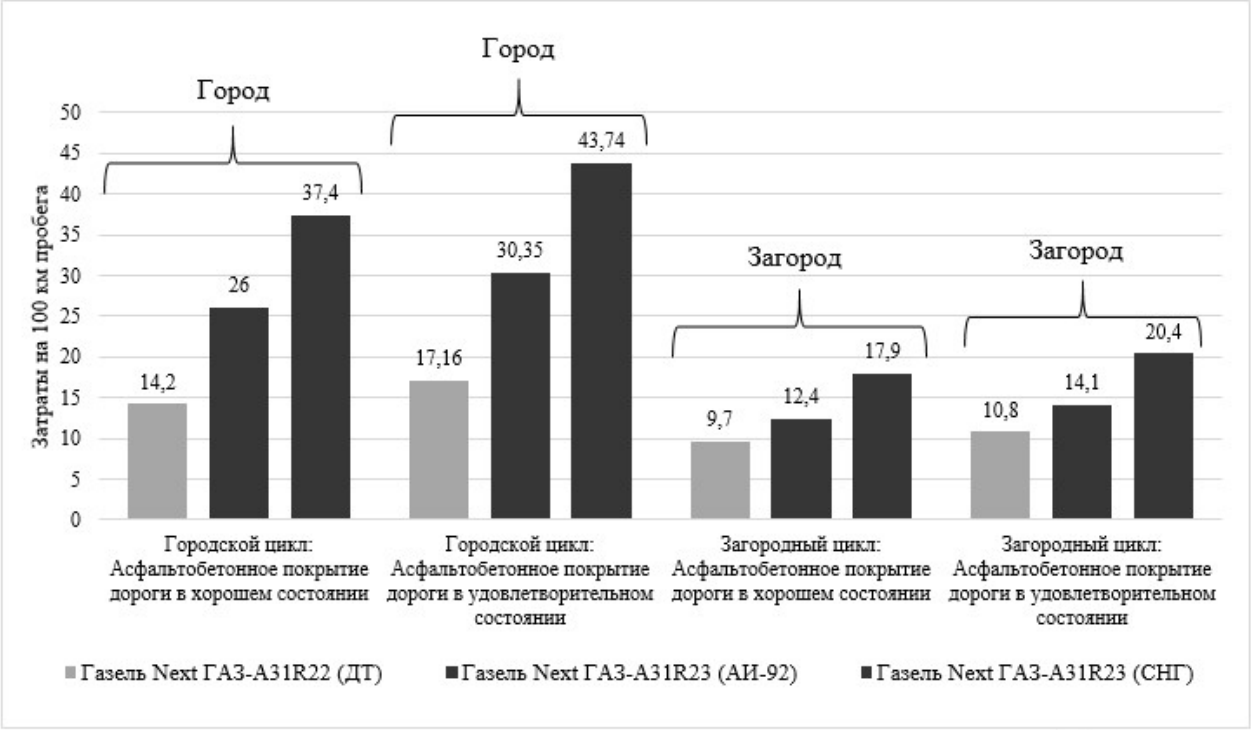


Рис. 1. Гистограмма линейного расхода топлива автомобилей ГАЗель Next с различными типами двигателей в городском и загородном цикле

Как видно из таблицы 1 и рис. 1, рост расхода топлива при переходе к удовлетворительному покрытию составил:

1) для дизельного двигателя G21A – 11,34-20,84 %;

2) для бензинового УМЗ-4216 – 13,71-16,73 %;

3) для двигателя УМЗ-А275 на СНГ– 13,97-16,95 %.

Доказано, что ухудшение состояния асфальтобетонного покрытия приводит к увеличению расхода топлива во всех циклах движения. Наибольший относительный рост наблюдается у дизельной модификации в городском цикле (+20,84 %), что обусловлено высоким вкладом дорожного сопротивления на низких скоростях движения. Газовая версия демонстрирует максимальный абсолютный прирост – до 6,34 л/100 км.

Дизельный двигатель G21A является наиболее экономичным: в загородных условиях его расход (9,7 л/100 км) ниже бензинового на 27,8 % и газового – на 84,5 %. Бензиновая и газобаллонная версии показывают значительный перерасход в городе, где расход газа превышает дизельный более чем в 2,5 раза.

Несмотря на высокий расход, газобаллонная версия может быть выгодна при стабильных дорожных условиях за счёт низкой цены топлива, однако теряет преимущество при эксплуатации на покрытии среднего и низкого качества.

Вывод: установлено, что ухудшение состояния дорожного покрытия вызывает рост расхода топлива на 11,34-20,84 %, что должно учитываться при планировании эксплуатационных затрат. Дизельная модификация *ГАЗель Next* обеспечивает наименьший расход топлива и наиболее устойчива к изменению дорожных условий, что делает её рациональной для междугородных перевозок. Газобаллонная версия характеризуется наибольшим абсолютным приростом расхода при ухудшении дорог, а бензиновая – высокими затратами в городском цикле.

Библиографический список

1. **Борисов Г.В., Ильянов С.В., Кузьмин Н.А., Корчажкин М.Г.** Теоретическое прогнозирование расходов топлива грузовыми автомобилями: монография. – Saarbrucken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2018. 176 с.
2. ГОСТ Р 41.101-99. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения легковых автомобилей, оборудованных двигателем внутреннего сгорания, в отношении измерения объема выбросов диоксида углерода и расхода топлива, а также транспортных средств категории M1 и N1, оборудованных электроприводом, в отношении измерения расхода электроэнергии и запаса хода. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. 38 с.
3. **Джутон Э., Рейн К.** и др. Электромобиль: устройство, принцип работы, инфраструктура / пер. с франц. В.И. Петровичева. – М.: ДМК Пресс, 2022. 440 с.
4. **Ильянов С.В.** Методика определения расхода топлива городскими автобусами с учётом параметров скоростного режима движения: монография. – Н. Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2021. 169 с.
5. **Ильянов С.В., Борисов Г.В., Корчажкин М.Г., Кузьмин Н.А.** Теоретическое прогнозирование расхода топлива городскими автобусами: монография. – Н. Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2023. 144 с.
6. **Конгар-оол В.В.** Электромобили и их влияние на окружающую среду // Вестник Тувинского государственного университета. Выпуск 3. 2021. № 4 (86). С. 60-68.
7. **Кравец В.Н.** Теория автомобиля: учеб. пособие. – Н. Новгород: НГТУ, 2007. 368 с.
8. **Кузьмин Н.А., Песков В.И.** Теория эксплуатационных свойств автомобиля: учеб. пособие. – М.: ФОРУМ; НИЦ ИНФРА-М, 2013. 256 с.

УДК 629.331

ВАЛОВ Д.В., ИЛЬЯНОВ С.В.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАТРАТ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ РАБОТЫ АВТОМОБИЛЕЙ КАТЕГОРИИ N1 С РАЗЛИЧНЫМИ ВИДАМИ ДВИГАТЕЛЕЙ

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева

Проблема повышения энергоэффективности и снижения эксплуатационных затрат автотранспортных предприятий приобретает особую актуальность в условиях роста цен на энергоносители и ужесточения экологических требований. Для малотоннажного коммерческого транспорта категории N1 (в частности, ГАЗель Next) выбор силовой установки напрямую определяет себестоимость перевозок. Нормативные документы (ГОСТ Р 41.101-99, АМ-23-р) [2, 9] не учитывают влияние дорожных условий, фактической массы и режима движения, что снижает достоверность расчётов.

Цель работы – определить закономерности изменения эксплуатационных затрат и эффективности выполнения транспортной работы автомобилей категории N1 семейства ГАЗель Next в зависимости от типа силовой установки, состояния дорожного покрытия и режима движения (городской и загородный циклы), а также установить наиболее рациональный вариант эксплуатации.

Расчёты выполнены на основе модели баланса мощностей с учётом сопротивления качению и аэродинамического сопротивления. Для моделирования были учтены коэффициенты сопротивления качению: ψ = 0,008 для хорошего состояния и ψ = 0,018 для удовлетворительного, что отражает реальные условия эксплуатации автомобилей категории N1 при перевозке грузов, согласно [табл. 1.1, 7].

В качестве объекта исследования выступили серийные модификации автомобиля ГАЗель Next категории N1 с полной массой 3500 кг:

1. ГАЗ-А31R22 с дизельным двигателем G21A;
2. ГАЗ-А31R23 с бензиновым двигателем УМЗ-4216;
3. ГАЗ-А31R23 с газобаллонным оборудованием (СНГ) на базе двигателя УМЗ-А275.

Затраты на 100 км пробега определялись исходя из средних тарифов по г. Нижний Новгород (август 2025 года):

1. Электроэнергия – 12 руб./кВт · ч;
2. Дизельное топливо – 68,38 руб./л;
3. Бензин АИ-92 – 57,48 руб./л;
4. СНГ (пропан) – 24,40 руб./л.

Результаты расчётов эксплуатационных затрат на 100 км пробега автомобилей ГАЗель Next с различными типами двигателей в городском и загородном цикле, при покрытии дороги в хорошем и удовлетворительном состоянии, представлены в табл. 1.

Таблица 1
Сравнительный анализ эксплуатационных затрат на 100 км пробега автомобилей ГАЗель Next с различными типами двигателей в городском и загородном цикле, при покрытии дороги в хорошем и удовлетворительном состоянии

Автомобиль и тип топлива	Затраты на 100 км пробега, руб. **Городской цикл**		Разница показателей, %	Затраты на 100 км пробега, руб. **Загородный цикл**		Разница показателей, %
	Асфальтобетонное покрытие дороги в хорошем состоянии	Асфальтобетонное покрытие дороги в удовлетворительном состоянии		Асфальтобетонное покрытие дороги в хорошем состоянии	Асфальтобетонное покрытие дороги в удовлетворительном состоянии	
Газель Next (ЭЛЕКТРО)	579	701,04	17,4 %	673,3	811,8	17,1 %
Газель Next ГАЗ-А31R22 (ДТ)	970,9	1 173,4	17,3 %	663,3	738,5	10,2 %
Газель Next ГАЗ-А31R23 (АИ-92)	1 494,5	1 744,5	14,3 %	712,8	810,5	12,1 %
Газель Next ГАЗ-А31R23 (СНГ)	912,6	1 067,3	14,5 %	436,8	497,8	12,3 %

Как видно из табл. 1, ухудшение состояния асфальтобетонного покрытия приводит к росту эксплуатационных затрат на 10,2-17,4 % в зависимости от типа двигателя. Электромо-

биль наиболее чувствителен к изменению сопротивления качению из-за снижения эффективности рекуперации энергии.

В городском цикле минимальные затраты характерны для ГАЗель Next Электро – 579-701,04 руб./100 км. Дизельная версия занимает промежуточное положение (970,9-1173,4 руб./100 км), обеспечивая стабильную экономичность и хорошие тяговые характеристики. Бензиновая модификация демонстрирует наибольшие расходы (до 1744,5 руб./100 км), а газобаллонная – умеренные (912,6-1067,3 руб./100 км), сохраняя преимущество за счёт низкой стоимости топлива.

В загородном цикле при равномерных скоростях наиболее экономичной является газобаллонная модификация (436,8-497,8 руб./100 км), далее следуют дизель (663,3-738,5 руб./100 км), электромобиль (673,3-811,8 руб./100 км) и бензиновая версия (712,8-810,5 руб./100 км).

Вывод: электромобиль ГАЗель Next Электро наиболее экономичен в городском цикле за счёт рекуперации энергии и низкой стоимости электроэнергии. Его эксплуатационные затраты на 36,6-61,3 % ниже, чем у дизельных и газовых аналогов. В загородных условиях наибольший экономический эффект достигается при использовании газобаллонной модификации (СНГ), обеспечивающей минимальные затраты на 100 км пробега. Дизельный двигатель G21A характеризуется сбалансированным соотношением расхода и эксплуатационной надёжности, оставаясь универсальным для смешанных маршрутов.Ухудшение дорожного покрытия вызывает рост затрат на 10,2-17,4 %, что подтверждает необходимость введения поправочных коэффициентов в нормативные методики.

Библиографический список

1. **Борисов Г.В., Ильянов С.В., Кузьмин Н.А., Корчажкин М.Г.** Теоретическое прогнозирование расходов топлива грузовыми автомобилями: монография. – Saarbrucken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2018. 176 с.
2. ГОСТ Р 41.101-99. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения легковых автомобилей, оборудованных двигателем внутреннего сгорания, в отношении измерения объема выбросов диоксида углерода и расхода топлива, а также транспортных средств категории M1 и N1, оборудованных электроприводом, в отношении измерения расхода электроэнергии и запаса хода. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. 38 с.
3. **Джутон Э., Рейн К.** и др. Электромобиль: устройство, принцип работы, инфраструктура / пер. с франц. В.И. Петровичева. – М.: ДМК Пресс, 2022. 440 с.
4. **Ильянов С.В.** Методика определения расхода топлива городскими автобусами с учётом параметров скоростного режима движения: монография. – Н. Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2021. 169 с.
5. **Ильянов С.В., Борисов Г.В., Корчажкин М.Г., Кузьмин Н.А.** Теоретическое прогнозирование расхода топлива городскими автобусами: монография. – Н. Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2023. 144 с.
6. **Конгар-оол В.В.** Электромобили и их влияние на окружающую среду // Вестник Тувинского государственного университета. Выпуск 3. 2021. № 4 (86). С. 60-68.
7. **Кравец В.Н.** Теория автомобиля: учеб. пособие. – Н. Новгород: НГТУ, 2007. 368 с.
8. **Кузьмин Н.А., Песков В.И.** Теория эксплуатационных свойств автомобиля: учеб. пособие. – М.: ФОРУМ; НИЦ ИНФРА-М, 2013. 256 с.

9. Распоряжение Минтранса России от 14.03.2008 N АМ-23-р (ред. от 30.09.2021) «О введении в действие методических рекомендаций «Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте».

УДК 620.178

ВОРОНЦОВ М.А.

ТРЕБОВАНИЯ ДЛЯ ПРАВИЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТВЁРДОСТИ МАТЕРИАЛОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ ПО МЕТОДУ БРИНЕЛЛЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

При создании автомобилей мы определяем твёрдость материалов для того, чтобы оценить уровень износостойкости, прочности и долговечности деталей и конструкций.

Под твёрдостью материала понимают его способность сопротивляться пластической или упругой деформации при внедрении в него более твёрдого тела (индентора) [2].

Индентор должен быть определённой формы и размеров и не получать остаточную деформацию от действия прикладываемых к нему статических или динамических нагрузок. Выбор метода определения зависит от различных факторов: твёрдости материала, размеров детали (образца), толщины слоя, твёрдость которого нужно замерить и т.д. Условия определения твёрдости, требования к оборудованию, приборам и образцам и т.д. регламентируются государственными стандартами [3].

Подготовка образца, выбор условия испытания, получение отпечатка, измерение отпечатка и определение числа твёрдости производится в строгом соответствии ГОСТ 9012 – 59 (в редакции 2007 г.). Необходимые для замера твёрдости значения выбирают из таблиц этого ГОСТа [2].

В соответствии с указанным ГОСТом аппаратура для измерения твёрдости образца подбирается следующим образом: шарик стальной диаметром 10,0;5,0;2,5;2,0;1,0 мм должен иметь твёрдость не менее 850 HV10; шарик из твёрдого сплава диаметром 10,0;5,0;2,5;2,0;1,0 мм должен иметь твёрдость не менее 1500 HV10; Предельные отклонения диаметра шарика от номинального приведены в табл. 1.

Таблица 1

Предельные отклонения диаметра шарика

Номинальный диаметр шарика, мм	Предельное отклонение
10,0	+/- 0,005
5,0	+/- 0,004
2,5	+/- 0,003
2,0	+/- 0,003
1,0	+/- 0,003

Применены следующие условия измерения:

1) измерение твёрдости проводят при температуре 20 ^{o}C. При разногласии в оценке качества металлопродукции измерение твёрдости проводят при температуре (23+/-5) ^{o}C;

2) при измерении твёрдости прибор должен быть защищён от ударов и вибрации;

3) опорные поверхности столика и подставки, а также опорные и рабочие поверхности образца должны быть очищены от посторонних веществ (окалины, смазки и др.);

4) образец должен быть установлен на столике или подставке устойчиво во избежание его смещения и прогиба во время измерения твёрдости;

5) при твёрдости металлов менее 450 единиц для измерения твёрдости применяют стальные шарики или шарики из твёрдого сплава; при твёрдости металлов более 450 единиц – шарики из твёрдого сплава;

6) после измерения твёрдости на обратной стороне образца не должно наблюдаться пластической деформации от отпечатка [1].

Метод Бринелля, разработанный в 1900 году шведским инженером Йоганном Бринеллем, целесообразнее применять для определения твёрдости мягких и среднетвёрдых материалов. Этот метод используется для контроля качества чугуна (серого, ковкого, высокопрочного), где структура неоднородна. Также он применим для испытаний цветных металлов и сплавов (латуни, алюминия, бронзы и меди). Метод Бринелля не желательно использовать для определения твёрдости очень твёрдых материалов (более 450 НВ), так как шарик может деформироваться.

Библиографический список

1. ГОСТ 9012 – 59. Метод измерения твёрдости по Бринеллю.
2. Тарасов В.В. Материаловедение: учебное пособие/ В.В. Тарасов, С.Б. Малышко, С.А. Горчакова; Федеральное агентство морского и речного транспорта, Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского. – [2-е изд., испр. и доп.]. – Владивосток: Мор. гос. ун-т. 2022. – 133 с.: ил.; 21 см. – Библиогр. с. 133. – 51 экз.
3. Твёрдость материалов:Методические указания/ Сост. А.Н. Савкин, В.И. Водопьянов, А.А. Белов/ Волгоград, гос. техн. ун-т. – Волгоград, 2004. – 16 с.

УДК 620.22

ВОРОНЦОВ М.А.

РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ В АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева.

Срок службы различных конструкций может быть существенно увеличен путём применения конструкционных материалов, обладающих уникальными свойствами. К числу таких материалов относятся композиционные материалы, в состав которых входит два и более разнородных по своему химическому составу компонента.

Все композиционные материалы состоят из матрицы и наполнителей. Матрицей называют компонент, который связывает разнородные материалы, позволяет изготовить изделие необходимой формы, воспринимает и перераспределяет нагрузки на наполнитель от внешних нагрузок, прикладываемых к несущему упрочняющему компоненту. Материал матрицы определяет также уровень рабочих температур системы, работоспособность во влажной среде, облучениях и при других воздействиях внешней среды. От матрицы зависят и теплофизические, электрические и другие свойства композита. Композиционные материалы разрабатываются с металлической и неметаллической матрицей. В качестве металлической матрицы используют алюминий, магний, медь, железо, никель, вольфрам, кобальт, титан и различные сплавы. Неметаллические матрицы: полимерные (эпоксидные, фенолформальдегидные, полиамидные и др.), углеродные и керамические материалы, глины, цемент. Наполнители, распределённые в связующем, оказывают определяющее влияние на свойства композита. Они являются разделённым компонентом и играют усиливающую или армирующую роль. В качестве наполнителя, как правило, используют более прочное вещество: металлы компактные, порошковые и чешуйчатые, ткани из различных материалов, картон, бумага [1].

В настоящее время в области машиностроения для изготовления подшипников скольжения, манжет, уплотнительных колец, прокладок гидравлических систем, скользящих опор, дисков сцепления для точных механизмов, деталей системы нейтрализации газа и пр. широко применяются композитные материалы на основе фторопласта[2].

К фторопластам относятся политетрафторэтилен, политрифторхлорэтилен, поливинилиденфторид, а также сополимеры фторпроизводных этилена с фторолефинами, этиленом и др. Широкое применение фторопласта в машиностроении объясняется его термостойкостью (от – 70 до + 270 ^{0}С), устойчивостью к трению и к воздействию агрессивных сред [3].

Также широкое распространение среди неметаллических материалов особенно для производства деталей пар трения получил капролон – материал конструкционного и антифрикционного назначения. С применением капролона изготавливаются втулки, подшипники скольжения, направляющие и вкладыши узлов трения, работающие при нагрузке до 20 МПа, шкивы, блоки, колёса и ролики грузоподъёмных механизмов с тяговым усилием до 30 т, корпуса, кронштейны для различных приборов и автоматов, ступицы колёс тележек, шестерни, звёздочки и червячные колёса, детали уплотнения (вместо фторопласта) для дозаторов, манжеты для систем высокого давления (до 500 атм.) [2].

Использование композиционных материалов в машиностроении даёт возможность решить целый ряд проблем, таких как: существенно снизить нагрузки, вибрацию и шум от работы различных узлов.

Таким образом, можно выделить следующие преимущества композитных материалов.

Высокая прочность при низком весе, устойчивость к коррозии, высокая усталостная прочность (композиты обладают отличной устойчивостью к усталостным нагрузкам, что делает их незаменимыми в конструкциях, подвергающихся многократным циклам нагрузки), гибкость в изменении свойств (изменение типа матрицы, процентного содержания армирующего элемента и схемы его укладки позволяет добиться оптимальных механических свойств), высокая термостойкость (композиты, основанные на углеродных волокнах или керамических матрицах, способны выдерживать высокие температуры) [4].

В качестве примера можно привести сравнительный анализ таких композиционных материалов, использующихся в автомобилестроении, как углепластик (или карбон) и стеклопластик.

Углепластик активно применяется для создания автомобилей, (в частности, автомобилей премиум-класса), а именно используется для создания прочных деталей кузова, интерьера слона (спортивных сидений).

Лёгкий, но в то же самое время прочный и экологически чистый углепластик в настоящее время применяется для создания машин такими автомобильными компаниями, как «BMW», «Hyundai», «McLaren».

На территории России применение композитных материалов неуклонно растёт. За счёт этого компании могут не только увеличить количество продукции, но также и повысить их качество. Применение инновационных технологий делает композитные материалы незаменимыми в автомобиле- и судостроении, строительстве, космической промышленности.

Библиографический список

1. Композиционные материалы в машиностроении: Методические указания к лабораторной работе по дисциплинам «Материаловедение», «Материаловедение. Технология конструкционных материалов», «Технология автомобиле- и тракторостроения», «Конструкторско-технологические решения для обеспечения безопасности проектируемых и эксплуатируемых объектов» для студентов очной и заочной форм обучения / Сост. В.В. Евстифеев, В.И. Матюхин, В.В. Акимов – Омск: СибАДИ, 2012. – 16 с.
2. Баурова Н.И. Применение полимерных композиционных материалов при производстве и ремонте машин / Н.И. Баурова, В.А. Зорин. – М.: МАДИ, 2016. – 264 с.
3. Интеллектуальные и композиционные материалы в машиностроении: учебнометод. пособие к курсовому проекту / Е.А. Косенко, В.А. Зорин, Н.И. Баурова, И.С. Нефёлов. – М.: МАДИ, 2018. – 72 с.
4. https://dzen.ru/a/Z_ZO1gmh5AcCfgCE

УДК 658.8.012.2

ГОЛУБЕВА М.В., КОРЧАЖКИН М.Г.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОДАЖ И ОЦЕНКА ДОСТАТОЧНОСТИ ЗАПАСА С ПОМОЩЬЮ ЛИНЕЙНОЙ РЕГРЕССИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Методика направлена на построение прогнозной модели продаж на один период вперед, учитывающей как исторические продажи, так и текущий уровень запаса. Для построения модели используем линейную регрессию со следующими переменными:

1. Y – это продажи в текущем квартале, X_1 – это продажи в предыдущем квартале, X_2 – остаток на начало текущего квартала.

Метод наименьших квадратов (МНК) для нахождения коэффициентов уравнения. Это математический способ найти линию (или плоскость), которая проходит через точки данных, минимизируя сумму квадратов ошибок:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 \cdot x_1 + \beta_2 \cdot x_2 + \varepsilon,$$

где: β_0 – (константа) минимальный уровень продаж. Может отражать влияние внешних факторов, не включенных в модель;

- β_1 – коэффициент, отражающий влияние продаж прошлого периода на продажи текущего периода. Если β_1 положителен и статистически значим, это говорит о том, что высокие продажи в прошлом периоде с большой вероятностью приведут к высоким продажам в текущем. Значение, близкое к 1, указывает на устойчивый, стабильный спрос;
- β_2 – коэффициент, отражающий влияние начального остатка на продажи текущего периода. Положительный и значимый β_2 может указывать на то, что больший запас на складе стимулирует продажи (например, за счет отсутствия дефицита);
- отрицательный β_2 может сигнализировать об обратном – избыточный запас связан с низкими продажами (товар «залеживается»), что требует осторожной интерпретации;
- ε – случайная ошибка модели в периоде.

Предложенная регрессионная модель наиболее эффективна при наличии достаточно длинных временных рядов (рекомендуется не менее 8–10 периодов) и отсутствии резких нелинейных искажений. Особую диагностическую ценность имеет знак коэффициента β_2: его отрицательное значение служит ранним индикатором того, что складской запас начинает «тормозить» продажи, что характерно для формирования неликвидов. В то же время модель чувствительна к малым выборкам и может давать экономически неинтерпретируемые прогнозы при экстраполяции за пределы обучающих данных. Поэтому линейную регрессию целесообразно применять, прежде всего, как аналитический инструмент для выявления структурных зависимостей (вклад прошлых продаж и текущего остатка), а не как оперативный метод краткосрочного прогнозирования.

УДК 658.8.012.2

ГОЛУБЕВА М.В., КОРЧАЖКИН М.Г.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОДАЖ И ОЦЕНКА ЗАПАСА МЕТОДОМ ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОГО СГЛАЖИВАНИЯ ОБОРАЧИВАЕМОСТИ С РАСЧЁТОМ PNRS-ИНДЕКСА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Методика базируется на фундаментальном принципе управления запасами: прогнозирование продаж должно быть тесно связано с текущим уровнем запасов. Данный подход ис-

пользует показатель оборачиваемости товара (Тоб), который представляет собой отношение продаж к начальному запасу.

$$\text{Тоб} = \text{Vпр} / \text{Сн}, \quad (1)$$

где:
Vпр – фактические продажи (объём отгрузки) за период;
Сн – остаток товара на складе на начало этого же периода.

Формула экспоненциального сглаживания:

$$S_t = \alpha \cdot Y_t + (1 - \alpha) \cdot S_{t-1}, \quad (2)$$

где:

- S_t – сглаженное значение (прогноз) на период t;
- Y_t – фактическое значение оборачиваемости в периоде t;
- α – коэффициент сглаживания ($0 < \alpha < 1$), принят равным 0.3;
- S_{t-1} – сглаженное значение предыдущего периода;

Выбор параметра α:

- $\alpha = 0.3$ – стандартное значение, обеспечивающее баланс между устойчивостью и чувствительностью
- При резких изменениях спроса (Z>25%) рекомендуется увеличивать α до 0.4–0.5
- При стабильном спросе можно снизить α до 0.1–0.2 для уменьшения влияния случайных колебаний

Расчёт PnRS (потенциального нереализованного остатка):
PNRS показывает ожидаемый остаток товара после периода продаж:

$$PnRS = \text{Остаток на начало} - \text{Прогноз продаж}. \quad (3)$$

Определение среднего уровня продаж:

$$\bar{V}_{\text{пр}} = \frac{\sum V_{\text{пр}}}{n}. \quad (4)$$

Расчёт PnRS-индекса - PnRS-индекс измеряет, на сколько периодов хватит излишка запаса при среднем уровне продаж.

$$\text{PnRS-индекс} = \frac{PnRS}{\bar{V}_{\text{пр}}}. \quad (5)$$

Таблица 1
Классификация по PnRS-индексу

Значение PnRS-индекса	Категория	Интерпретация	Уровень риска	Рекомендуемые действия
≤ 1.0	**P1** – Норма	Излишек запаса не превышает среднемесячный (квартальный) объём продаж. Запас соответствует спросу.	Низкий	Плановая работа: поддержание текущего уровня запаса
1.0 < PnRS ≤ 2.0	**P2** – Повышенный	Излишек составляет 1–2 средних периода продаж. Существует риск затоваривания.	Средний	Усиленный контроль: • Анализ причин накопления • Корректировка плана закупок
> 2.0	**P3** – Критический	Излишек превышает 2 средних периода продаж. Высокий риск неликвидных запасов и замораживания оборотных средств.	Высокий	Немедленные действия: • Прекращение закупок • Разработка плана распродажи • Рассмотрение возврата поставщику

Метод экспоненциального сглаживания оборачиваемости с расчётом PnRS-индекса представляет собой практичный и адаптивный инструмент для оперативного управления запасами, особенно в условиях ограниченного объёма исторических данных. В отличие от классических подходов, таких как линейная регрессия, данный метод демонстрирует высокую устойчивость к малым выборкам и позволяет не только строить прогноз продаж, но и количественно оценивать риск избыточных запасов через PnRS-индекс.

УДК 658.78:658.7:004.4

ГОЛУБЕВА М.В., ГОЛУБЕВ М.В., ГОНЧАРОВ К.О., КОРЧАЖКИН М.Г.

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ABC-XYZ-PNRS

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Информационная система анализа складских запасов – это программное обеспечение, построенное на клиент-серверной архитектуре с использованием веб-технологий. Система предназначена для автоматизации процессов управления складскими запасами в фирме «Промсвет» путем внедрения совмещенного ABC-XYZ-анализа с использованием дополнительного критерия – потенциальный нереализованный остаток на складе.

Процесс создания информационной системы включает следующие этапы:

- исследование методики ABC-XYZ-анализа с применением критерия – потенциальный нереализованный остаток на складе;
- анализ существующих бизнес-процессов управления запасами в компании;
- разработка технического задания и технического проекта системы;
- проектирование архитектуры информационной системы;
- разработка модуля загрузки данных из XLSX файла;
- разработка модуля ABC-анализа по критерию выручки и критерию нереализованного остатка, XYZ-анализа по стабильности спроса;
- создание механизма комплексной классификации товаров на 27 ассортиментных групп;
- разработка модуля генерации управленческих рекомендаций;
- проведение тестирования системы.

1. Экран авторизации (рис. 1).

Рис. 1. Экран авторизации

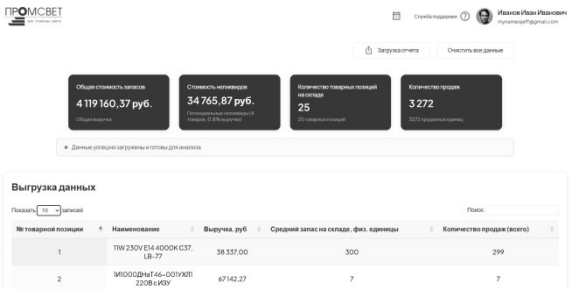


Рис. 2. Главный дашборд

2. Главный дашборд (рис. 2).

После успешного входа система открывает главный дашборд. В верхней части экрана расположена панель ключевых показателей: здесь отображается общая стоимость всех запасов, стоимость неликвидов, общее количество товарных позиций и показатель стабильности продаж.

3. Экран ABC-анализа по выручке, остаткам (рис. 3).

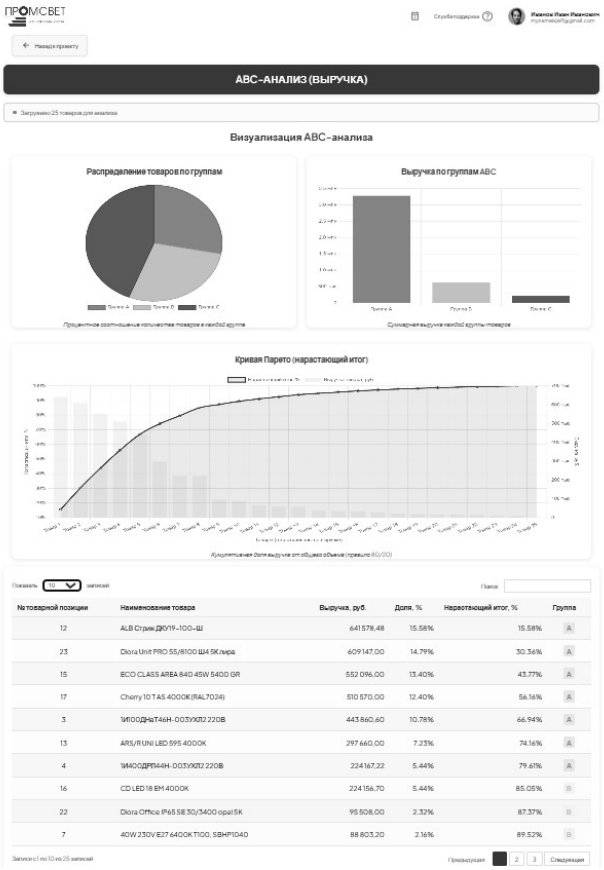


Рис. 3. Экран АВС-анализа по выручке

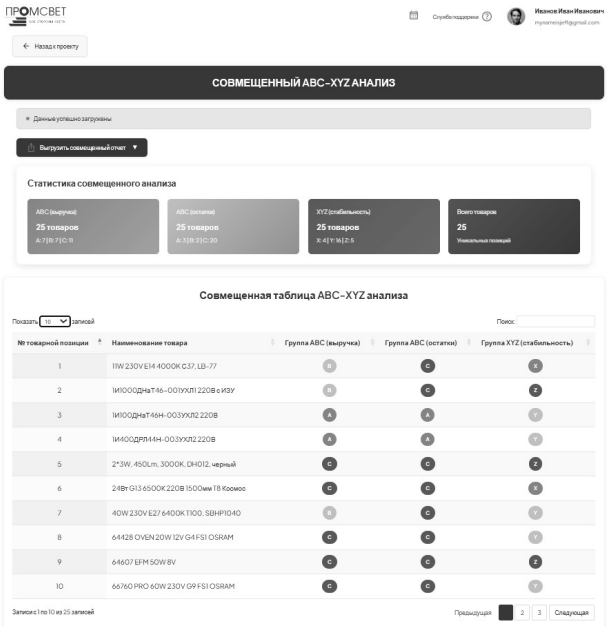


Рис. 4. Экран совмещенного анализа

4. Экран совмещенного анализа (рис. 4).

Этот экран представляет итоговую классификацию, где каждый товар получает комбинированную категорию из 27 возможных (например, AX, BZ, CY). В основной таблице отображаются все товары с их группами по всем трем анализам и результирующей категорией.

5. Экран рекомендаций (рис. 5)

В верхней части экрана находится кнопка "Экспорт в PDF", позволяющая сформировать полный отчет по всем товарам с рекомендациями для руководства и отдела закупок.

Рис. 7. Экран рекомендаций

Данная структура обеспечит необходимую информационную основу для автоматизированного расчета, визуализации и последующего применения результатов ABC-XYZ анализа в управлении запасами.

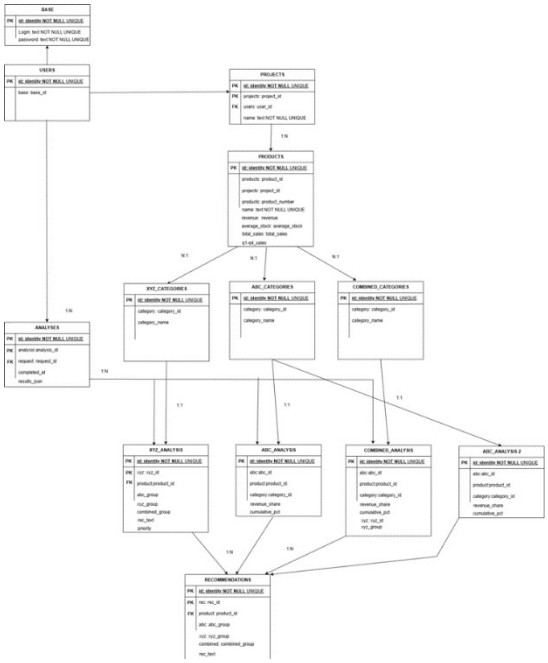


Рис. 8. Структура базы данных

Проведенное тестирование подтвердило, что разработанная система соответствует установленным требованиям и позволяет автоматизировать процесс анализа складских запасов методом ABC-XYZ. Реализованное решение обеспечивает переход от эпизодического анализа к системе непрерывного мониторинга товарных запасов, что способствует повышению эффективности управления складскими операциями.

Библиографический список

1. Башлачева Т.А., Ильченко А.Н. Оперативное управление запасами в розничной торговле // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. – 2011. – № 4 (28). – С. 10–17.
2. Беленов О.Н., Бугаева Т.М. Типология методов управления ассортиментом продукции // Современная экономика: проблемы и решения. – 2010. – № 1. – С. 69–76.
3. Губернаторов А.М. Оптимизация ассортиментной политики в многопродуктовых производствах (на примере предприятий стекольной промышленности Владимирской области) // Экономика и бизнес. – 2011. – № 1 (5). – С. 22–27.
4. Ксенофонтова О.Л., Новосельская Н.А. ABC-XYZ-анализ как средство управления товарным ассортиментом торгового предприятия // Современные наукоемкие технологии (по названию сборника/журнала из ссылки). – 2013. – № 2. – С. 70–76.
5. Волгин В.В. ABC-анализ: первые шаги к логистическому управлению предприятием // Логистика. – 2006. – № 5. – С. 36-38.
6. Клочкова Е.Н., Алиев А.Т. Совершенствование методики проведения XYZ-анализа в системе управления запасами предприятия // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. – 2014. – Т. 8, № 4. – С. 117-124.
7. Левина Т.В., Киселева Е.А. Комплексный ABC и XYZ анализ как инструмент управления ассортиментом в розничной торговле // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – С. 512.
8. Чуланова М.А. Применение ABC-XYZ анализа для оптимизации ассортиментной политики компании // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент. – 2016. – № 2. – С. 175-182.

УДК658.7.012.2

ГОЛУБЕВА М.В., КОРЧАЖКИН М.Г., ГОНЧАРОВ К.О.

РАСЧЕТ ИТОГОВОГО КОЭФФИЦИЕНТА (PNRS)

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Рассмотрим одну из методик нахождения потенциального нереализованного остатка для совмещенного ABC-XYZ-анализа:

$$PnRS = (Qcp - S) / Qcp, \quad (1)$$

где:

• PnRS – безразмерный коэффициент, выражаемый в долях единицы или процентах;

• Qcp – средний запас на складе

• S – фактические продажи (объем отгрузки) за этот же период.

Для комплексной оценки риска за весь наблюдаемый период необходимо рассчитать PnRS на основе суммарных данных. По данным из таблицы 1:

Смысловая (экономическая) интерпретация полученных значений такова:

• значения PnRS ≈ 0 свидетельствуют о сбалансированности запасов и спроса либо о высокой оборачиваемости (в случае дефицита остатков). Риск образования нереализованного излишка минимален;

• значения в диапазоне 0 < PnRS < 1 указывают на наличие запаса, не нашедшего спроса в течение периода. Коэффициент количественно определяет долю среднего запаса, которая рисковала стать неликвидом. Рост PnRS сигнализирует об усилении данного риска;

• значения PnRS, стремящиеся к 1 (включая PnRS = 1), являются критическим индикатором. Они означают, что продажи были незначительными или нулевыми, а практически весь средний запас за период может быть классифицирован как потенциальный нереализованный остаток.

Для практического применения методики необходимо ввести шкалу по характеру отклонения, позволяющую классифицировать товарные позиции по степени потенциальной нереализации и назначать соответствующие управленческие действия. Предлагается следующая градация значений PnRS:

Таблица 1

Классификация товарных позиций по степени потенциальной нереализации

Диапазон PnRS	**Характер отклонения**	**Экономическая интерпретация**	**Рекомендуемые управленческие действия**
< 0	Очень низкий (дефицит)	Продажи превышают средний запас. Высокая оборачиваемость, возможен дефицит товара, упущенная прибыль. Риск нереализации отсутствует.	Срочно увеличить закупки, проверить надежность поставщиков, увеличить страховой запас.
0 – 0,2	Низкий	Запас и спрос сбалансированы. Продажи покрывают большую часть среднего запаса. Риск образования неликвидов минимален.	Поддерживать текущую политику закупок, стандартный контроль.
0,2 – 0,4	Умеренный	Заметная часть среднего запаса (20–40%) не находит сбыта в периоде. Начинает формироваться избыток.	Усилить мониторинг, проанализировать причины, рассмотреть коррекцию закупок.
0,4 – 0,6	Повышенный	40–60% среднего запаса остается нереализованной. Хроническое затоваривание, высокий риск связывания оборотного капитала.	Сократить или приостановить закупки, инициировать меры по стимулированию сбыта.
0,6 – 0,8	Высокий	60–80% среднего запаса не продается. Товар превращается в неликвид, заморозка средств значительна.	Немедленная распродажа, поиск альтернативных каналов сбыта, возврат/утилизация. Закупки остановить.
0,8 – 1,0	Критический	80–100% среднего запаса не востребовано. Продажи близки к нулю. Полное омертвление капитала.	Экстренные меры: списание, утилизация, вывод из ассортимента.

УДК 629.331

ГУЛИБИН М.А., МОРОЗОВА А.А.

ВЛИЯНИЕ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ РЕАГЕНТОВ НА КУЗОВ И ХОДОВУЮ ЧАСТЬ АВТОМОБИЛЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Зимняя эксплуатация автомобиля сопряжена не только с сложными дорожными условиями, но и с агрессивным воздействием материалов, используемых для борьбы с гололедом. Если влияние реагентов на резину шин хорошо известно, то их разрушительное действие на кузов и элементы ходовой части часто недооценивается автовладельцами[1]. Основная задача реагентов – понизить температуру замерзания воды, однако побочным эффектом является их высокая химическая активность по отношению к металлам, лакам и краскам.

Наиболее распространенными и дешевыми остаются хлоридные реагенты на основе NaCl (галит) и $CaCl_2$ (хлористый кальций). Ионы хлора, содержащиеся в этих соединениях, являются мощным катализатором электрохимической коррозии. При контакте с влагой они образуют электролитическую среду, которая ускоряет процесс окисления металла, особенно в местах с нарушенным защитным покрытием – микротрещинах, сколах краски, сварочных швах[2]. Даже более современные и «щадящие» реагенты на основе формиатов (солей муравьиной кислоты) или ацетатов обладают определенной коррозионной активностью, хотя и меньшей по сравнению с хлоридами.

Основными зонами риска являются: арки колес и элементы подвески; эта зона подвергается прямому и наиболее интенсивному воздействию солевой «каши», выбрасываемой из-под колес. Страдают рычаги подвески, пружины, амортизаторы, элементы тормозной системы. Коррозия металла снижает прочность деталей, что может привести к их внезапному разрушению и потере управляемости.

Лонжероны и элементы днища: постоянный контакт с химически активным раствором, особенно в условиях «переменной влажности» (таяние снега под автомобилем и последующее замерзание), приводит к скрытой коррозии силовых элементов кузова, критически важных для пассивной безопасности. Лакокрасочное покрытие (ЛКП): абразивное воздействие песка, смешанного с реагентами, приводит к появлению микро царапин на лаке. Химические вещества проникают в эти повреждения, вызывая локальные очаги коррозии («рыжики») и отслоение краски. Особенно уязвимы нижние части дверей, пороги и бамперы.

Выхлопная система: конденсат, смешанный с реагентами, оседает на внутренних и внешних поверхностях глушителя и труб, значительно сокращая их ресурс.

Рассмотрим существующие методы защиты и минимизации ущерба. Сезонная мойка, включающая чистку арок и днища. Регулярное (не реже 1 раза в 10-14 дней) удаление солевых отложений – ключевой метод борьбы. Особое внимание следует уделять скрытым полостям. Нанесение антикоррозионных материалов: современная комплексная обработка кузова мастиками или составами на основе воска создает барьерный слой, защищающий металл от прямого контакта с электролитом. Обработку рекомендуется обновлять раз в 1-2 года.

Своевременное устранение повреждений ЛКП: любые сколы и царапины до металла необходимо незамедлительно закрашивать для предотвращения очаговой коррозии. Визуальный контроль: в ходе сезонного шиномонтажа или самостоятельного обслуживания стоит осматривать состояние резьбовых соединений, пружин, элементов тормозных магистралей на предмет признаков ржавчины.

Заключение. Противогололедные реагенты – необходимое зло для обеспечения безопасности дорожного движения зимой. Однако их негативное влияние на техническое состояние автомобиля требует от владельца, осознанного и опережающего возможные осложнения подхода. Регулярный уход, своевременная мойка и применение защитных средств позволяют

значительно продлить срок службы кузова и ходовой части транспортного средства, сохраняя его эксплуатационные характеристики и стоимость.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 58427-2020 Материалы противогололедные для применения на территории населенных пунктов. Требования безопасности.
2. ГОСТ Р 52720-2007 Коррозия металлов. Термины.
3. Экспертные материалы портала «Автохимия и защита»: https://www.autochemistry.ru/corrosion-protection (дата обращения 15.10.2023).

УДК 004.032.26

ДУДЧЕНКО Д.Б., ГОЛУБЕВА М.В.

ПРИМЕНЕНИЕ ИИ В ГРУЗОПЕРЕВОЗКАХ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

С появлением искусственного интеллекта появилась возможность оптимизировать часть бизнес-процессов, а также на его основе создать инструменты, которые будут помогать решать текущие задачи.

DMS (Driver Monitoring System) – умная камера с искусственным интеллектом, которая становится новым стандартом безопасности по причине того, что глонасс-трекеры показывают только перемещение транспорта, а состояние водителя отследить они не в состоянии. Для решения этой проблемы используют умную камеру, которую располагают в кабине водителя. Нейросеть в реальном времени анализирует мимику, направление взгляда и положение головы. Система срабатывает, если водитель: начал закрывать глаза, отводит взгляд от дороги более чем на пару секунд или не пристегнут ремнем безопасности.

В случае опасности устройство подает резкий звуковой сигнал в кабине, чтобы «разбудить» водителя, и одновременно отправляет уведомление диспетчеру. Данное устройство способствует снижению аварийности.

Также ИИ способен найти самый быстрый и недорогой маршрут или подобрать подходящий транспорт. Компании внедряют его для работы для управления запасами и прогнозированием поставок.

Грузоперевозчики могут использовать ChatGPT или DeepSeek для поиска и обработки информации. Для использования и интеграции моделей ИИ в работу бизнеса придется настроить цифровизацию для создания модели, которая будет собирать и обрабатывать информацию. При этом для обучения модели требуются огромный массив данных, которых нет у среднего грузоперевозчика. То есть модели бесполезны, если загрузить Excel таблицы. Этого недостаточно для предиктивной аналитики. Зато можно настроить чат-бота для поиска заявок на досках объявлений – но не выйдет построить оптимальный маршрут с учетом затрат на бензин, расчета времени и выгоды перевозки. При возможном создании данной модели, в основе которой будут лежать электронные сервисы, способные брать на себя такие функции как:

1) цифровой экспедитор, где ИИ на основании больших данных порекомендует новые подходящие и обоснованные направления;

2)оптимизация последней мили. Тут нейросеть станет работать со всеми системами сбора данных: CRM, системой автоматизации складов, машинами, сервисами карт и навигаторов. Это позволит проанализировать все факторы, которые могут повлиять на доставку груза;

3)оптимизация маршрутов. ИИ не просто выстроит маршрут с экономией времени и средств, но и проведет анализ состояния ТС и предскажет возможные поломки в рейсе;

4)оформление заявки и работа с документооборотом. Сервисы на основе ИИ проанализируют возможности грузоперевозчика, найдут подходящие заявки и возьмут на себя оформление документов. Так в бухгалтерии помогает автоматизировать всю работу с первичными документами, которая исключает вероятность ошибки, дублей или пропусков. В отделе администрирования можно использовать ботов, которые ставят задачи на основе сообщений клиентов и контролируют дедлайны.

К сожалению, часть этих возможностей закрыта для предпринимателей, если они хотят заниматься процессом самостоятельно. Поэтому нужно переходить на ЭДО и учетные системы для сбора данных, чтобы использовать ИИ в будущем для оптимизации бизнес-процессов. На данный момент нейросети решают проблемы с документооборотом и помогают выстраивать коммуникации как с сотрудниками внутри компании, так и с контрагентами.

Библиографический список

1. Ф.М. Гафаров, А.Ф. Галимянов. Искусственные нейронные сети и их приложения. 2018. 181 с.
2. Владимирова Л.П. Прогнозирование и планирование в условиях рынка. М.: Дашков и К, 2012. 308 с.
3. Круглов В. В., Борисов В. В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. – 2-е изд., стереотип. – М.: Горячая линия-Телеком, 2002.

УДК 629.331

ИВАНОВ Г.С., МУЛИН С.К., ГОНЧАРОВ К.О.

АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЗАГРУЖЕННОСТИ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА НА ОСНОВЕ ИНФРАКРАСНЫХ МНОГОЛУЧЕВЫХ ДАТЧИКОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Грамотное управление маршрутной сетью крупного города зависит от наличия объективных сведений о наполняемости салонов. В Нижнем Новгороде при работающей на базе НПАТ телематической платформе пассажиропоток по-прежнему оценивается косвенными методами [3]. Следствием такого подхода становится систематическая погрешность в расчётах, которая напрямую сказывается на качестве транспортного планирования.

Цель данной работы – разработка архитектуры системы мониторинга загруженности салонов на основе многолучевых инфракрасных датчиков применительно к условиям эксплуатации муниципального пассажирского автотранспортного предприятия.

В ходе работы решались четыре задачи: 1) определение посадочной конфигурации датчиков на ЛиАЗ-529267; 2) описание стыковки ИК-датчиков с бортовым контроллером; 3) построение схемы сбора и передачи данных; 4) оценка ожидаемого эксплуатационного эффекта.

Выбор ИК-датчиков обусловлен климатической устойчивостью, точностью в 90–95%[1], поддержкой RS-485 и соблюдением ФЗ-152. Архитектурно система разбита на четыре функциональных уровня – от фиксации пересечения луча до сводной отчётности.

Первый уровень – периферийный. Над средней и задней дверями монтируются многолучевые ИК-датчики; по последовательности прерывания лучей алгоритм определяет направление движения и отсеивает ложные срабатывания. События фиксируются контроллером, привязываются к отметкам ГЛОНАСС, остановке и времени рейса[3].

Второй уровень – сетевой. Данные уходят на сервер по 4G/LTE с резервным каналом. При обрыве связи пакеты накапливаются в локальном буфере и выгружаются после восстановления соединения – требование целостности здесь критично[2].

Третий уровень – серверный. Выполняется верификация входящих потоков, вычисляются текущая и прогнозная загрузка, агрегируется статистика по маршрутам и интервалам; через API обеспечивается выход на внешние сервисы.

Четвёртый уровень – представления. Информация о наполняемости салонов уходит в пассажирские приложения, на табло «умных» остановок и в диспетчерские интерфейсы.

Таким образом, предлагаемая архитектура обеспечивает бесшовное встраивание измерительного контура в существующую инфраструктуру НПАТ, включая терминалы «Гранит-навигатор-6.18»[3], и создаёт основу для перехода от эпизодических обследований к управлению перевозками на основе объективных данных о пассажиропотоке.

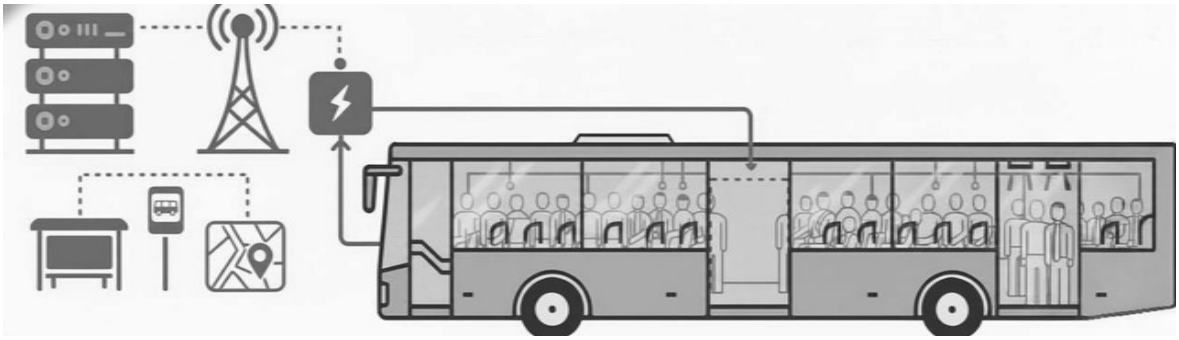


Рис. 1. Схема функционирования системы автоматического подсчета пассажиров на базе ИК-датчиков

Библиографический список

1. Плахтий А.Д., Корчагин Д.С. Обзор и выбор методов автоматизированного подсчёта пассажиров на общественном наземном транспорте // Вестник СибАДИ. 2025. Т. 22. № 2. С. 238–247.
2. VDV Recommendation 457. Automatic Passenger Counting Systems (APCS). Version 2.1, April 2018.
3. Материалы по терминалам «Гранит-навигатор-6.18» и системе «Ситикард». Официальные технические спецификации.

УДК 629.331

ИВАНОВ Г.С., МУЛИН С.К., ГОНЧАРОВ К.О.

ИНФРАКРАСНЫЕ ДАТЧИКИ КАК НАИБОЛЕЕ РАЦИОНАЛЬНЫЙ СПОСОБ ОЦЕНКИ ЗАГРУЖЕННОСТИ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Проблема переполнения общественного транспорта в крупных городах давно вышла за рамки вопроса комфорта. Перегрузка отдельных рейсов в часы пик влияет на регулярность движения, ухудшает использование подвижного состава и снижает доступность транспорта для пассажиров. Для Нижнего Новгорода эта проблема особенно заметна на наиболее востребованных направлениях, где переполнение автобусов сочетается с недостаточно точным пониманием реальной структуры спроса. При парке в 873 автобуса и среднесуточном пасса-

жиропотоке на уровне 305–310 тыс. человек даже небольшая ошибка в оценке загруженности превращается в фактор, влияющий на планирование перевозок в целом [6, 13].

Главная трудность состоит в отсутствии надёжных и регулярных данных о фактической наполняемости салона. Без них пассажир сталкивается с непредсказуемой поездкой и риском попасть в переполненный автобус, перевозчик не может гибко реагировать на локальные пики спроса, а городская администрация лишается достоверной базы для корректировки маршрутной сети, расчёта транспортной работы и принятия инвестиционных решений. Поэтому задача автоматизированного подсчёта пассажиров должна рассматриваться не как частная модернизация, а как условие перехода к управлению перевозками на основе данных [12].

На практике используются несколько подходов к оценке пассажиропотока: ручной учёт, косвенные оценки по данным операторов связи, анализ транзакций валидаторов и автоматизированные системы подсчёта пассажиров (АРС) (табл. 1). Однако именно АРС-системы обеспечивают ту комбинацию точности, воспроизводимости и масштабируемости, которая нужна не для разовых обследований, а для постоянной работы с маршрутной сетью [1]. В статье сопоставлены основные технологии АРС по точности, стоимости внедрения, применимости и сложности интеграции.

Таблица 1

Сравнение основных методов автоматического подсчёта пассажиров

Метод	Точность	Внедрение	Применимость	Стоимость
Инфракрасные датчики	90–95%	средняя	Все виды транспорта	средняя
Весовые датчики	70–80%	низкая	Автобусы, поезда	средняя
AFC-валидаторы	20–30%	низкая	Все виды транспорта	низкая
Wi-Fi/Bluetooth-трекеры	73–80%	низкая	Все виды транспорта	низкая
ToF-сенсоры	88–93%	высокая	Автобусы, трамваи	высокая

Для выбора решения, пригодного именно для Нижнего Новгорода, в статье проведён многокритериальный анализ с учётом точности измерения, стоимости внедрения на одну дверь, диапазона рабочих температур, простоты интеграции с ГЛОНАСС-инфраструктурой и соответствия требованиям ФЗ-152 о персональных данных. Наивысший итоговый балл получили многолучевые инфракрасные барьеры – 4,75. Их преимущество складывается сразу из нескольких факторов: высокой точности замера, устойчивой работы при температурах до −40 °C, возможности подключения через штатный интерфейс RS-485 с использованием Modbus RTU и отсутствия необходимости обрабатывать идентифицируемые персональные данные [5, 7, 8, 9, 11].

Для парка НПАТ это решение особенно рационально, потому что предприятие уже располагает развёрнутой телематической базой: терминалы «Гранит-навигатор-6.18», система «Ситикард», каналы передачи данных и цифровые пассажирские сервисы позволяют внедрять АРС не как новую систему с нуля, а как дооснащение существующей инфраструктуры. Наиболее подходящей схемой для автобусов большого класса с тремя дверями является установка ИК-барьеров на средней и задней дверях, где формируется основной двунаправленный поток пассажиров. Датчики фиксируют последовательность пересечения лучей, определяют направление движения и передают событие на бортовой контроллер, после чего данные связываются с координатами ГЛОНАСС, маршрутом, рейсом и остановкой [6, 11, 14].

Практический эффект системы состоит в более точной настройке расписаний и выпуска, возможности информировать пассажира о загрузке рейса и появлении у города достоверной базы для корректировки интервалов, субсидий и инфраструктурных решений. В условиях Нижнего Новгорода инфракрасные датчики представлены в статье как наиболее сбалансированное решение для управления маршрутной сетью на основе реальной загруженности транспорта [12, 16].

Библиографический список

1. Плахтий А.Д., Корчагин Д.С. Обзор и выбор методов автоматизированного подсчёта пассажиров на общественном наземном транспорте для эффективного управления перевозками // Вестник СибАДИ. 2025. Т. 22. № 2. С. 238–247.
5. VDV Recommendation 457. Automatic Passenger Counting Systems (APCS). Version 2.1, April 2018.
6. Акционерное общество «Нижегородский пассажирский автотранспорт» (НПАТ).
7. Федеральный закон от 27.07.2006 № 152-ФЗ «О персональных данных».
8. Empirical Study on the Accuracy and Precision of Automatic Passenger Counting in European Bus Services // The Open Transportation Journal. 2019.
9. Isarsoft. What is VDV 457?
11. Материалы по терминалам «Гранит-навигатор-6.18» и системе «Ситикард». Официальные технические спецификации.
12. Аналитические материалы по развитию интеллектуальных транспортных систем в российских городах. Минтранс РФ, 2024–2025.
13. Пассажиропоток в общественном транспорте Нижнего Новгорода.
14. Федеральная программа обновления парка НПАТ, 2025.
15. PasCounter™ – система подсчёта пассажиров на базе видеоаналитики.
16. Технические требования к АРС в общественном транспорте РФ. 2024.

УДК 629.331

ИВАНОВ Г.С., БЕРДНИКОВ Л.А.

ПЕРЕВОЗКА ОРУЖИЯ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ: ПРАВОВЫЕ, ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ И ЛОГИСТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Перевозка оружия автомобильным транспортом представляет собой вид деятельности, в котором одновременно действуют требования логистики, транспортного права и общественной безопасности. В отличие от обычного груза оружие имеет специальный правовой режим, поэтому его перемещение связано не только с доставкой, но и с подтверждением законности владения, соблюдением разрешительного порядка, контролем доступа к грузу и прослеживаемостью операций [1; 2; 3].

Актуальность темы связана с тем, что перевозка оружия является сложным управляемым процессом. Она требует подготовки документов, выбора правомерной схемы перевозки, проверки транспорта, допуска персонала, соблюдения режима труда и отдыха водителя и постоянного контроля состояния груза на всём маршруте [1; 3; 4; 6].

Цель статьи состоит в рассмотрении перевозки оружия автомобильным транспортом как межотраслевого процесса на стыке оружейного законодательства, правил автомобильных перевозок, норм транспортной безопасности и логистического управления. Для этого анализируются особенности оружия как объекта перевозки, нормативная база, организационно-технические требования, а также риски и формы юридической ответственности.

Статья подготовлена строго на основе содержания реферата и носит нормативно-аналитический характер. В тексте не приводятся сведения, способные облегчить противоправное завладение оружием или обход контрольных процедур; внимание сосредоточено на законной организации перевозки и снижении рисков.

1. Оружие как объект перевозки и логистического контроля

С точки зрения логистики оружие является грузом с особыми юридическими свойствами. Федеральный закон «Об оружии» определяет его как устройства и предметы, конструк-

тивно предназначенные для поражения цели либо подачи сигналов, и разграничивает виды оружия и особенности их правового режима [1].

Специфика такого груза проявляется в трёх основных аспектах: перемещение возможно только при наличии законного основания; перевозка требует повышенных мер по предотвращению утраты, хищения и несанкционированного доступа; все действия участников должны быть документально прослеживаемы [1; 2].

Значение имеет и классификация оружия. Разделение на гражданское, служебное и боевое ручное стрелковое оружие влияет на круг законных владельцев, объём разрешительной документации, уровень государственного контроля и организацию самой перевозки [1].

Логистическая цепь перевозки включает подготовку перевозки, проверку правового основания перемещения, оформление документов, приёмку и упаковку груза, выпуск транспорта на линию, сопровождение рейса и передачу груза получателю. На каждом этапе возникают собственные риски и контрольные процедуры [2; 3].

К основным контрольным точкам относятся проверка документов, подтверждение состава и состояния партии, предрейсовый технический контроль транспортного средства, соблюдение режима труда водителя и правильное документирование передачи груза [3; 6].

Транспортное средство в такой перевозке выступает элементом режима контроля. Оно должно быть технически исправным, пригодным для безопасного размещения груза, исключать визуальную доступность содержимого и обеспечивать возможность контроля состояния партии в пути [2; 3; 10].

2. Правовое регулирование и разрешительная система

Ключевым источником специального регулирования является Федеральный закон от 13.12.1996 № 150-ФЗ «Об оружии». Для рассматриваемой темы особое значение имеет статья 25, согласно которой правила учёта, ношения, перевозки, транспортирования и уничтожения оружия устанавливаются Правительством Российской Федерации [1].

Специальные положения конкретизируются в постановлении Правительства РФ от 21.07.1998 № 814, которым утверждены Правила оборота гражданского и служебного оружия и патронов к нему. Раздел XIII этих Правил посвящён транспортированию и перевозке оружия и патронов, включая требования к разрешениям и обязанностям юридических лиц [2].

Наряду со специальным регулированием действует и общее транспортное законодательство. Постановление Правительства РФ от 21.12.2020 № 2200 устанавливает Правила перевозок грузов автомобильным транспортом и формирует общий порядок оформления перевозки, ведения транспортных документов и распределения обязанностей участников [3].

Существенное место занимает законодательство о транспортной безопасности. Федеральный закон от 09.02.2007 № 16-ФЗ предусматривает досмотр, дополнительный и повторный досмотр, наблюдение и собеседование в предусмотренных случаях, а приказ Минтранса России от 04.02.2025 № 34 закрепляет порядок проведения этих процедур [4; 5].

Разрешительный порядок тесно связан с компетенцией Росгвардии. Положение о Федеральной службе войск национальной гвардии Российской Федерации относит к её функциям выработку и реализацию государственной политики, нормативно-правовое регулирование и контроль в сфере оборота оружия [11].

Документальное сопровождение подтверждает законность владения и перемещения груза, позволяет идентифицировать состав партии, распределяет ответственность между участниками перевозки и обеспечивает последующий контроль. Дополнительное значение имеют путевые и учётные документы, сведения о транспортном средстве и водителе, а также результаты предрейсового технического контроля [2; 3; 10].

Следовательно, правовое регулирование перевозки оружия имеет многоуровневый характер: его образуют нормы оружейного законодательства, правила автомобильной перевозки грузов, механизмы транспортной безопасности и разрешительные процедуры Росгвардии [1; 2; 3; 4; 11].

3. Организационно-технические требования к перевозке

Организация перевозки оружия требует функциональной подготовки транспорта и персонала. Недостаточно иметь автомобиль и комплект документов: необходимо обеспечить такие условия, при которых груз будет защищён от несанкционированного доступа, надёжно размещён и контролируем на всём протяжении рейса [2; 3].

Практически значимыми являются закрытый тип кузова или отсека, исправные запирающие устройства, устойчивое крепление тары, наличие средств связи и средств контроля параметров движения [3; 7].

Серьёзные требования предъявляются к упаковке, размещению и маркировке груза. Оружие и патроны должны быть подготовлены к перевозке так, чтобы исключались повреждение, свободное перемещение внутри кузова, случайный доступ к грузу и возможность его использования не по назначению в процессе перевозки [2; 3].

Для отдельных видов патронов и боеприпасов в международном сообщении дополнительное значение приобретает квалификация опасного груза. В перечне опасных грузов ООН позиция UN 0012 отнесена к классу 1 с классификационным кодом 1.4S, что влияет на требования к упаковке, маркировке и подготовке перевозки [15].

Не менее важен персонал, участвующий в перевозке. Правомерная перевозка оружия невозможна без надлежащего допуска и чёткого распределения обязанностей между ответственными лицами. Наличие у водителя права управления транспортным средством само по себе не заменяет специальных требований к организации процесса [1; 2].

Профессиональный отбор и профессиональное обучение работников, принимаемых на работу, непосредственно связанную с движением транспортных средств, регулируются приказом Минтранса России от 29.07.2020 № 264, а обязательные медицинские осмотры – приказом Минздрава России от 30.05.2023 № 266н [8; 9].

Режим труда и отдыха водителя является самостоятельной гарантией безопасности. Утомление повышает вероятность ошибок управления, а в рассматриваемой сфере это означает не только риск ДТП, но и риск утраты контроля над перевозимым грузом. Поэтому маршрут и график движения должны планироваться с учётом требований приказа Минтранса России от 16.10.2020 № 424 [6].

Нештатные ситуации также должны быть включены в управляемую модель перевозки. Дорожно-транспортное происшествие, техническая неисправность, потеря связи или выявление несоответствия документов требуют заранее определённого порядка реагирования, каналов связи и закрепления ответственности [2; 3; 4; 10].

Важную роль играет диспетчерский контроль и цифровой мониторинг. Они позволяют сопоставлять фактическое движение с утверждённым графиком, контролировать соблюдение режима труда водителя, фиксировать отклонения и подтверждать добросовестность перевозчика [3; 7; 10].

4. Международные перевозки и трансграничное регулирование

Наиболее сложным видом рассматриваемой деятельности являются международные перевозки оружия и патронов. В этом случае к национальному режиму оборота оружия добавляются нормы экспортного контроля, таможенного регулирования и правила обращения с отдельными опасными грузами [12; 13; 14; 15].

Федеральный закон от 18.07.1999 № 183-ФЗ «Об экспортном контроле» закрепляет цели и методы государственного контроля в отношении товаров, имеющих значение для внешнеэкономической безопасности [13]. Для темы статьи это означает, что при международном перемещении оценивается не только законность самой перевозки, но и допустимость вывоза или ввоза конкретного товара.

Таможенное регулирование в рамках ЕАЭС строится на положениях Таможенного кодекса Евразийского экономического союза [14]. Он определяет общий порядок совершения таможенных операций, декларирования, контроля и выпуска товаров, в том числе оружия и патронов.

Дополнительно применяется административный регламент Росгвардии по выдаче разрешений на ввоз и вывоз гражданского, служебного оружия и патронов к нему, утверждённый приказом от 25.12.2024 № 499 [12]. Следовательно, международная перевозка оценивается одновременно с точки зрения транспортной, таможенной и разрешительной законности.

Дополнительную сложность создаёт то, что отдельные виды патронов и боеприпасов рассматриваются в международном сообщении как опасные грузы. Это повышает значение правильной классификации, упаковки и маркировки груза ещё до начала перевозки [15].

5. Риски, юридическая ответственность и комплаенс

Перевозка оружия автомобильным транспортом связана с совокупностью правовых, организационных и технических рисков. К числу типовых относятся документарные ошибки, выпуск на линию технически неисправного транспорта, нарушение режима труда и отдыха водителя, несоблюдение правил упаковки и размещения груза, а также утрата контроля над составом партии [2; 3; 6; 10].

Существенную роль играет человеческий фактор. Материалы Европейской комиссии, посвящённые усталости водителей, указывают, что утомление снижает умственную и физическую работоспособность и повышает вероятность дорожных инцидентов [16].

При отсутствии признаков преступления (нарушения правил оборота оружия) влекут административную ответственность. Существенное место занимает статья 20.8 КоАП РФ, предусматривающая ответственность за нарушение правил производства, продажи, хранения, передачи, учёта и иных операций с оружием и патронами [17].

Если действия выходят за пределы административного проступка, возможно наступление уголовной ответственности. Для темы перевозки особое значение имеют статья 222 УК РФ о незаконных операциях с оружием и статья 224 УК РФ о небрежном хранении огнестрельного оружия, создавшем условия для тяжких последствий [18].

Для юридических лиц прямая уголовная ответственность по указанным составам не установлена, однако нарушения способны повлечь серьёзные организационные и экономические последствия: усиление надзора, отказ в разрешительных действиях, ограничения деятельности и иные неблагоприятные меры [1; 2; 11; 12].

В этих условиях ключевое значение приобретает комплаенс-подход. Он включает предварительную проверку правового основания перевозки, регламентирование допуска персонала, медицинские осмотры, предрейсовый технический контроль, контроль режима труда и отдыха водителя, корректное оформление документов и регулярную проверку внутренних процедур [3; 6; 8; 9; 10].

Эффективность комплаенса определяется не количеством формальных документов, а устойчивостью всей системы внутреннего контроля. Чем выше уровень прослеживаемости, дисциплины и управляемости перевозочного процесса, тем ниже риск нарушений и тяжёлых последствий.

Выводы

Проведённый анализ показывает, что перевозка оружия автомобильным транспортом представляет собой сложный межотраслевой процесс, в котором сочетаются нормы оружейного законодательства, правила перевозки грузов, требования транспортной безопасности, медицинского контроля, дорожной безопасности, а в международном сообщении – таможенного и экспортного регулирования [1; 2; 3; 4; 13; 14].

Законная и безопасная перевозка возможна только при одновременном соблюдении нескольких условий: наличии правового основания для перемещения оружия, соблюдении разрешительного порядка, использовании технически исправного транспорта, правильной упаковке и размещении груза, допуске подготовленного персонала и наличии внутреннего контроля [2; 3; 6; 8; 9; 10].

Таким образом, эффективность перевозки определяется не одной мерой, а согласованностью всей системы правового и логистического сопровождения. Чем полнее обеспечены

прослеживаемость, дисциплина и управляемость перевозочного процесса, тем ниже риск правонарушений, утраты груза и наступления тяжёлых последствий.

Библиографический список

1. Федеральный закон от 13.12.1996 № 150-ФЗ «Об оружии» (ред. от 15.12.2025, с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2026).
2. Постановление Правительства РФ от 21.07.1998 № 814 «О мерах по регулированию оборота гражданского и служебного оружия и патронов к нему на территории Российской Федерации» (ред. от 15.10.2025).
3. Постановление Правительства РФ от 21.12.2020 № 2200 «Об утверждении Правил перевозок грузов автомобильным транспортом и о внесении изменений в пункт 2.1.1 Правил дорожного движения Российской Федерации».
4. Федеральный закон от 09.02.2007 № 16-ФЗ «О транспортной безопасности» (ред. от 31.07.2025).
5. Приказ Минтранса России от 04.02.2025 № 34 «Об установлении Правил проведения досмотра, дополнительного досмотра, повторного досмотра, наблюдения и (или) собеседования в целях обеспечения транспортной безопасности».
6. [Приказ Минтранса России от 16.10.2020 № 424 «Об утверждении Особенностей режима рабочего времени и времени отдыха, условий труда водителей автомобилей».
7. Приказ Минтранса России от 28.10.2020 № 440 «Об утверждении требований к тахографам, устанавливаемым на транспортные средства, категорий и видов транспортных средств, оснащаемых тахографами, правил использования, обслуживания и контроля работы тахографов, установленных на транспортные средства».
8. Приказ Минтранса России от 29.07.2020 № 264 «Об утверждении Порядка прохождения профессионального отбора и профессионального обучения работниками, принимаемыми на работу, непосредственно связанную с движением транспортных средств автомобильного транспорта и городского наземного электрического транспорта».
9. Приказ Минздрава России от 30.05.2023 № 266н «Об утверждении Порядка и периодичности проведения предсменных, предрейсовых, послесменных, послерейсовых медицинских осмотров, медицинских осмотров в течение рабочего дня (смены) и перечня включаемых в них исследований».
10. Приказ Минтранса России от 15.01.2021 № 9 «Об утверждении Порядка организации и проведения предрейсового или предсменного контроля технического состояния транспортных средств».
11. Указ Президента РФ от 30.09.2016 № 510 «О Федеральной службе войск национальной гвардии Российской Федерации» (ред. от 24.12.2025).
12. Приказ Федеральной службы войск национальной гвардии Российской Федерации от 25.12.2024 № 499 «Об утверждении Административного регламента Федеральной службы войск национальной гвардии Российской Федерации по предоставлению государственной услуги по выдаче (предоставлению) юридическому лицу или индивидуальному предпринимателю разрешения на ввоз в Российскую Федерацию и вывоз из Российской Федерации гражданского, служебного оружия и патронов к нему».
13. Федеральный закон от 18.07.1999 № 183-ФЗ «Об экспортном контроле».
14. Таможенный кодекс Евразийского экономического союза.
15. Рекомендации ООН по перевозке опасных грузов. Перечень опасных грузов: позиция UN 0012, класс 1, код 1.4S.

УДК 519.17

КАЛАШНИКОВА А.А.

ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМА ДЕКОМПОЗИЦИИ КОГРАФОВ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ МАРШРУТОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Эффективность эксплуатации наземных транспортных средств во многом определяется качеством планирования маршрутов. В условиях усложнения логистических сетей и необходимости закрепления непересекающихся маршрутов за отдельными единицами транспорта возникает потребность в математических методах, позволяющих структурировать сеть на отдельные маршруты заданной протяженности. Для решения данной проблемы рассматривается подход, основанный на разбиении графа транспортной сети на пути фиксированной длины.

Алгоритм базируется на структурной декомпозиции графа на три составляющие: максимальную клику, максимальное независимое множество и остаточное множество вершин. Формально транспортная сеть представляется в виде неориентированного графа $G = (V, E)$, где V - множество пунктов назначения, E -множество связей между ними. Требуется разбить вершины на непересекающиеся пути порядка k. Алгоритм выполняет для каждой компоненты связности последовательное выделение максимальной клики $C \subseteq V$, максимального независимого множества $I \subseteq V \setminus C$ и остаточного множества $R = V \setminus (C \cup I)$. Построение маршрутов осуществляется с приоритетным использованием вершин из I как наиболее изолированных, затем из R и в последнюю очередь из C, что позволяет формировать сбалансированные маршруты заданной длины. В основе предложенный алгоритма лежат результаты работ [1, 2]. В контексте эксплуатации наземных транспортных средств предложенная декомпозиция получает следующую интерпретацию: клика C моделирует логистический хаб или центральный район с высокой плотностью связей, где возможно оперативное перераспределение транспортных средств; независимое множество I соответствует конечным точкам доставки, не имеющим прямого сообщения друг с другом, что делает их оптимальными для начала маршрута; остаточное множество R выполняет функцию связующего звена между изолированными пунктами и центральными узлами.

Такой подход позволяет минимизировать количество неохваченных пунктов и обеспечивать равномерную загрузку автопарка. Алгоритм реализован с использованием библиотеки NetworkX, предоставляющей возможности для работы с графовыми структурами и их анализа [3]. Данный алгоритм демонстрирует максимальную полноту покрытия вершин, что означает при формировании маршрутов лишь незначительная доля пунктов остается без обслуживания. Применение данного подхода дает возможность учитывать топологическую структуру транспортной сети, обеспечивать высокий уровень покрытия пунктов назначения и формировать непересекающиеся маршруты заданной длины, что способствует повышению эффективности планирования и снижению эксплуатационных издержек.

Библиографический список

1. Мокеев Д.Б., Малышев Д.С. A polynomial-time algorithm of finding a minimum k-path vertex cover and a maximum k-path packing in some graphs // Optimization Letters. – 2020. – Vol. 14, No. 6. – P. 1317–1322.
2. Дугинов О.И., Мокеев Д.Б. Разбиения пороговых графов на пути заданного размера // Математическое моделирование и суперкомпьютерные технологии : Труды XXI Международной конференции, Нижний Новгород, 22–26 ноября 2021 года. – Нижний Новгород :

Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, 2021. – С. 105–107. – EDNGSTFIE.
3. NetworkX: документация [Электронный ресурс]. – URL: https://networkx.org/documentation/stable/ (дата обращения: 26.02.2025).

УДК 629.331

КОЛЕСОВ В.М., МОЛОДЦОВ И.М., БЕРДНИКОВ Л.А.

ЭМУЛЯЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЯ: КАК СТЕНД МЕНЯЕТ ПОДХОД К ТЕСТИРОВАНИЮ

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева

Эмуляция режимов работы двигателя на стендах (тестовых стендах) стала ключевым элементом современного процесса разработки и валидации силовых установок. В статье рассматриваются принципы построения эмуляционных стендов, влияние стендовых испытаний на методологию тестирования, а также преимущества, которые обеспечивает переход от полевых испытаний к контролируемой стендовой среде. Приведена классификация стендов.

Развитие автомобильных двигателей в XXI в. сопровождается стремлением к повышению эффективности, снижению выбросов и интеграции гибридных и электрических систем. Традиционный подход к тестированию, основанный на полевых испытаниях, ограничен в точности воспроизведения экстремальных режимов работы, а также в возможностях быстрого получения статистически значимых данных.

Переход к стендовому тестированию позволяет перенести процесс испытаний в контролируемую лабораторную среду, где каждый параметр (нагрузка, температура, состав топлива) фиксирован и легко воспроизводим. Именно эмуляция режимов работы двигателя стала центральным элементом современной методологии испытаний [1, 2, 3].

Таблица 1

Назначение тестового стенда

Цель	Описание	Преимущество
Повторяемость	Возможность многократного повторения одного и того же цикла с идентичными условиями.	Сокращение статистической погрешности.
Безопасность	Испытания экстремальных режимов (перегрев, короткое замыкание) без риска для участников дорожного движения.	Уменьшение количества аварийных событий в реальном мире.
Экономия	Сокращение затрат на топливо, износ деталей и логистику полных автомобильных испытаний.	Снижение себестоимости разработки.
Гибкость	Быстрая смена параметров (тип топлива, температура, высота над уровнем моря).	Возможность исследования новых топлив и условий эксплуатации.

Тестовый стенд – это комплекс измерительных и нагрузочных устройств, предназначенный для воспроизведения рабочих условий ДВС, в которых находится двигатель в реальном автомобиле. Ключевыми элементами являются:

- динамический стенд (динамометр) – преобразует крутящий момент и мощность двигателя в контролируемую нагрузку;
- система измерения (датчики давления, температуры, скорости вращения, расхода топлива);
- контроллеры и программное обеспечение – реализуют выбранные режимы работы, записывают данные и управляют аварийными ситуациями.

Назначение таких стендов представлено в табл. 1.

Эмуляция базируется на заданной программе нагрузки, реализуемой в реальном времени. Наиболее часто используемые программы:

- NEDC – традиционный европейский цикл, состоящий из последовательных этапов ускорения, круиза и торможения; используется для сравнительных оценок потребления топлива;
- WLTP – более реалистичный цикл с учётом динамики дорожных условий, применяемый в новых нормативных документах;
- ECE R-83 – цикл, отражающий работу двигателя в условиях города (частые остановки, короткие отрезки ускорения).

Эти программы реализуются через профили нагрузки на динамометре, задающие мгновенный крутящий момент и скорость вращения в каждый момент времени.

Эмуляция экстремальных режимов. Стенд позволяет симулировать аварийные условия, такие как:

- перегрузка (нагрузка > 120 % номинального крутящего момента);
- стабильный рабочий режим при экстремально низкой температуре (-40 °C);
- работа на альтернативных топливных смесях (метан-бензин, водород-дизель).

Эти режимы решают задачи по проверке надёжности систем управления, износостойкости и соответствия экологическим нормам.

Как стенд меняет методологию тестирования. Методология представлена в табл. 2.

Таблица 2

Методология тестирования

Традиционный метод	Стендовый метод
Полевые испытания (тест-драйвы) → ограниченный набор измерений.	Полный набор датчиков → непрерывный поток данных.
Оценка после-фактум → большие погрешности.	Онлайн-анализ → мгновенная корректировка параметров.
Длительные подготовительные операции (подготовка трассы, безопасность).	Быстрый переход от одного цикла к другому в рамках одного сеанса.
Высокие затраты на топливо и износ автомобиля.	Сокращённый расход топлива, возможность использования виртуального топлива.

Таким образом, стендовое тестирование превращает процесс разработки двигателя из «интуитивного экспериментирования» в «научно-обоснованное моделирование», где каждое изменение параметра может быть сразу проверено и зафиксировано.

Практические примеры:

- Стеноский НИИМЭ реализовал стенд "Динамо-Тест-1000", где в 2022 г. было проведено более 3 000 циклов WLTP для оценки гибридных двигателей на базе газа [4].
- Группа компаний «КАМАЗ-Тест» использует модульные стенды с возможностью эмуляции высотных условий до 4 000 м над уровнем моря, что позволило адаптировать дизельные двигатели к эксплуатации в Сибири [5].

Перспективы развития

- Интеграция цифровых двойников – полное копирование поведения двигателя в реальном времени с помощью модели в среде MATLAB/Simulink, позволяющей синхронно проводить виртуальные и физические испытания.
- Автоматизация анализа данных – применение машинного обучения для выявления скрытых закономерностей в больших наборов данных, получаемых со стенда.
- Развитие гибридных стендов – сочетание традиционных динамометров с электромоторами и батареями, что позволит полностью имитировать гибридный привод.

Выводы: Эмуляция режимов работы двигателя на стендах кардинально изменяет подход к тестированию: повышает точность, воспроизводимость и гибкость экспериментов, а также снижает затраты и риск. Современные технологические решения (HIL, цифровые двойники, гибридные стенды) расширяют границы возможного, делая стендовый метод незаменимым инструментом в разработке автомобилей будущего.

Библиологический список

1.Грехов Л.В. Машиностроение. Двигатели внутреннего сгорания. 2013. С. 661-679.
2. ГОСТ 33670-2015. Методы испытаний автомобилей и их составляющих. Двигатели внутреннего сгорания. 2015.
3. Синявский В.В.Теория рабочих процессов. Характеристики ДВС: учебно-методическое пособие – М.: МАДИ, 2023. – 148 с.
4. Иванов К. П. и др. Опыт применения стенда «Динамо-Тест-1000» для гибридных газовых двигателей // Новые технологии в автопроме 2023. № 7. – С. 112-119.
5. Матвеев С. О. Тестирование дизельных агрегатов в условиях высотных испытаний // Транспортный журнал 2020. Т. 34, № 3. – С. 34-41.

УДК 620.51

КОЛЕСОВ В.М., БЕРДНИКОВ Л.А., МОЛОДЦОВ И.М.

СТЕНДОВАЯ ЭМУЛЯЦИЯ РАБОТЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ: ПОДХОДЫ К ОБУЧЕНИЮ СТУДЕНТОВ В ОБЛАСТИ ДИАГНОСТИКИ

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева

Современный двигатель внутреннего сгорания (ДВС) – это сложная система, в которой электрооборудование играет ключевую роль в обеспечении эффективной и экологичной работы. Подготовка квалифицированных специалистов в области диагностики электрооборудования ДВС требует современных подходов к обучению, основанных на практическом применении теоретических знаний. Стендовая эмуляция является одним из наиболее эффективных методов обучения, позволяющим студентам получить опыт диагностики неисправностей в условиях, максимально приближенных к реальным. В данной статье рассматриваются различные подходы к обучению студентов в области диагностики электрооборудования ДВС с использованием стендовой эмуляции.

Актуальность проблемы. В условиях постоянно растущих требований к экологичности и экономичности ДВС, сложность электрооборудования увеличивается. Это требует от специалистов по диагностике глубоких знаний и практических навыков в области электротехники, электроники и информационных технологий. Традиционные методы обучения, основанные на изучении теории и проведении лабораторных работ на реальных автомобилях, не всегда позволяют студентам получить достаточный опыт диагностики сложных неисправностей. Стендовая эмуляция позволяет решить эту проблему, предоставляя студентам возможность работать с виртуальными моделями электрооборудования ДВС, имитирующими реальные условия эксплуатации и различные виды неисправностей [1].

Стендовая эмуляция – это метод моделирования работы электрооборудования ДВС с использованием специализированного программного обеспечения и аппаратных средств. Стенд эмуляции позволяет имитировать различные режимы работы двигателя, а также создавать искусственные неисправности в его электрооборудовании. Студенты, работающие на стенде эмуляции, могут проводить диагностику неисправностей, используя различные методы и инструменты.

Подходы к обучению студентов с использованием стендовой эмуляции

1. Изучение основ электротехники и электроники: перед началом работы на стенде эмуляции студенты должны получить базовые знания в области электротехники и электроники. Это необходимо для понимания принципов работы электрооборудования ДВС и умения использовать измерительные приборы.

2. Изучение структуры и принципов работы электрооборудования ДВС: студенты должны изучить структуру и принципы работы различных систем электрооборудования ДВС, таких как система зажигания, система впрыска топлива, система управления двигателем и т.д. Особое внимание следует уделить изучению датчиков, исполнительных механизмов и электронных блоков управления.

3. Освоение методов диагностики электрооборудования ДВС: студенты должны освоить различные методы диагностики электрооборудования ДВС, такие как визуальный осмотр, проверка электрических цепей, измерение параметров датчиков и исполнительных механизмов, чтение и анализ кодов неисправностей.

4. Практическая работа на стенде эмуляции: студенты должны проводить практическую работу на стенде эмуляции, выполняя диагностику различных неисправностей электрооборудования ДВС. При этом необходимо использовать различные методы и инструменты диагностики, а также анализировать результаты измерений и делать выводы о причинах неисправностей [2].

Примеры стендов эмуляции

На сегодняшний день существует множество различных стендов эмуляции электрооборудования ДВС, отличающихся по функциональности, сложности и стоимости. Некоторые из наиболее популярных стендов эмуляции включают:

- мотор-тестеры (например, FSA 500 от Bosch),
- стенды для диагностики электронных систем управления

Преимущества использования стендовой эмуляции в обучении

Использование стендовой эмуляции в обучении студентов в области диагностики электрооборудования ДВС имеет ряд преимуществ:

- безопасность: работа на стенде эмуляции безопасна для студентов и оборудования, так как нет риска повреждения реального автомобиля или получения травм;
- экономичность: стендовая эмуляция позволяет значительно снизить затраты на обучение, так как не требуется использование реальных автомобилей и запасных часте;
- гибкость: стенд эмуляции позволяет имитировать различные режимы работы двигателя и создавать искусственные неисправности, что позволяет студентам получить опыт диагностики широкого спектра неисправностей;
- наглядность: стенд эмуляции позволяет визуализировать процессы, происходящие в электрооборудовании ДВС, что облегчает понимание принципов его работы;
- Индивидуализация: стенд эмуляции позволяет индивидуализировать процесс обучения, подстраивая сложность задач под уровень подготовки каждого студента [3].

Выводы: стендовая эмуляция является эффективным методом обучения студентов в области диагностики электрооборудования ДВС. Она позволяет студентам получить практический опыт диагностики неисправностей в условиях, максимально приближенных к реальным, а также способствует развитию их аналитических и творческих способностей. Внедрение стендовой эмуляции в учебный процесс позволит повысить качество подготовки специалистов в области диагностики электрооборудования ДВС и обеспечить их конкурентоспособность на рынке труда [4].

Библиологический список

1. Власов, В.М. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей. – М.:Академия, 2007. – 320 с.

2. Сирота, В.И. Электротехника и основы электроники: учебник для вузов / В.И. Сирота. – М.: Альянс, 2012. – 816 с.
3. Свешников, В.К. Автоматизированные системы управления технологическими процессами: учебник для вузов / В.К. Свешников, А.А. Шаров. - М.: Академия, 2008. - 272 с.
4. Смирнов Ю.А., Детистов В.А. Автомобильная электроника и электрооборудование. Диагностика: Учебное пособие

УДК 629.113

КОНОЧКИН А.Д., БЕРДНИКОВ Л.А., РОЧЕВ Л.С.

НАДЕЖНОСТЬ И РЕСУРС ГИДРАВЛИЧЕСКОГО УСИЛИТЕЛЯ РУЛЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Гидравлический усилитель руля (ГУР) – это технология, которая доминировала в автомобилестроении десятилетиями. Несмотря на активное вытеснение более современными электрическими системами (ЭУР), ГУР заслужил репутацию невероятно надежного и долговечного механизма. В чем же секрет его «живучести» и каков его реальный ресурс?

Основа надежности ГУРа – в его относительной простоте. Система состоит из насоса, приводящегося ремнем от коленвала двигателя, гидравлической жидкости, распределительного клапана и силового гидроцилиндра. Насос создает давление, а жидкость передает усилие. Это чистая механика и гидравлика, без сложных электронных блоков управления и датчиков.

Такая конструкция обладает ключевыми преимуществами:

- предсказуемость «чувства руля»: Многие автолюбители и эксперты ценят ГУР за насыщенную и информативную обратную связь;
- высокая мощность:Система способна создавать большое усилие, что делает ее идеальным решением для тяжелых внедорожников, микроавтобусов и грузовиков.

Сам по себе гидравлический усилитель – система с большим запасом прочности. При идеальных условиях и регулярном обслуживании его основные компоненты (сама рейка, корпус насоса) могут служить 150-250 тысяч километров, а зачастую и весь срок жизни автомобиля. Однако его надежность напрямую зависит от исправности отдельных элементов и качества обслуживания. Перечислим основные «болевые точки» ГУРа.

1. Насос ГУРа (самый нагруженный узел). Ресурс: В среднем 100-150 тыс. км.

Типовые проблемы: Износ подшипников (проявляется воем), износ пластин или лопаток (сопровождается падением давления и тяжелым рулем). Основная причина износа – грязная жидкость и работа на пределе возможностей.

2. Сальники и уплотнители. Ресурс: сильно зависит от качества деталей, климата и условий эксплуатации. Обычно 80-120 тыс. км.

Типовые проблемы: Появление течей на насосе, рейке, шлангах или соединениях. Резина со временем дубеет, теряет эластичность и трескается.

3. Гидравлические шланги (высокого и низкого давления). Ресурс: 7-10 лет, после чего резина начинает стареть.

Типовые проблемы: Растрескивание, раздувание, истирание. Обрыв шланга высокого давления приводит к мгновенной и полной потере усилия и утечке жидкости.

4. Жидкость ГУР. Ресурс: производители часто заявляют, что она рассчитана на весь срок службы, но на практике менять ее рекомендуется каждые 60-100 тысяч км или раз в 4-5 лет.

Типовые проблемы: со временем жидкость окисляется, теряет свои смазывающие и противоизносные свойства, в ней накапливается металлическая стружка и грязь. Это главный враг насоса и рейки.

Назовем факторы, убивающие ГУР преждевременно.

• Эксплуатация с неисправностями: Долгая езда с гулом насоса, держание руля в крайнем положении более 5 с.

• Низкое качество запчастей: Неоригинальные насосы и ремкомплекты часто имеют крайне низкий ресурс.

• Агрессивная манера вождения: Удары по колесам (например, о бордюр) передаются на рейку, повреждая сальники.

• Пренебрежение заменой жидкости.

Гидравлический усилитель руля – это образец инженерной надежности, построенный на простых и проверенных принципах. Его главный недостаток – не в низком ресурсе, а в необходимости регулярного обслуживания и уязвимости к износу расходных компонентов (сальников, шлангов).

В современных условиях, где на первый план вышли топливная экономичность и интеграция с системами автопилота, ГУР уступает место электрическим системам. Но для многих водителей его «живое» чувство руля и ремонтопригодность до сих пор остаются вескими аргументами в его пользу. При должном уходе этот узел прослужит верой и правдой сотни тысяч километров.

Библиографический список

1. Автомобили: конструкция, конструирование и расчет. Системы управления и ходовая часть : учебное пособие для вузов / В. А. Иларионов, Д. В. Баженов, М. М. Каримов ; под ред. В. А. Иларионова. – Москва : Лань, 2021. – 320 с. : ил. – ISBN 978-5-8114-6545-8.
2. Гришкевич, А. И. Автомобильные гидро- и пневмоприводы : устройство и основы расчета : учебное пособие для вузов / А. И. Гришкевич, Л. А. Баранов, Ю. В. Дрожак. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 2019. – 278 с. : ил. – ISBN 978-5-94275-803-6.
3. Насосы и гидроприводы рулевого управления легковых автомобилей : справочное пособие / А. С. Пронин, О. В. Сидоров, К. А. Тихомиров ; науч. ред. В. П. Казаков. – Москва : Транспорт-Издат, 2017. – 144 с. : ил. – ISBN 978-5-458-12456-8.
4. Официальный технический портал ZF Friedrichshafen AG. Раздел «Hydraulic Steering Systems» [Электронный ресурс] https://www.zf.com/products/en/cars/chassis_technology/hydraulic_steering_systems.html
5. Клуб автомобильных инженеров SAE International. База знаний по системам рулевого управления [Электронный ресурс] // SAE Mobilus. https://saemobilus.sae.org/
6. и ремонту ходовой части и рулевого управления / сост. Д. Л. Михайлов. – Санкт-Петербург : Автоэксперт, 2020. – 415 с. : ил., табл. – ISBN 978-5-604-45678-1.

УДК 629.113

КОНОЧКИН А.Д., БЕРДНИКОВ Л.А., РОЧЕВ Л.С.

СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УСИЛИТЕЛЕЙ РУЛЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В современных автомобилях комфорт и безопасность управления напрямую зависят от типа усилителя рулевого управления. На смену классической гидравлике пришли гибридные и полностью электрические системы. Ключевым параметром, определяющим этот переход, стала эффективность, которая складывается из энергопотребления, функциональности и адаптивности.

1. Гидравлический усилитель руля (ГУР): Эффективность за счет мощности

Принцип действия: Насос, приводимый ремнем от коленвала двигателя, постоянно создает давление в гидравлической системе. При повороте руля клапан направляет жидкость в силовой цилиндр, который и помогает повернуть колеса.

Показатели эффективности. Энергопотребление: низкое. Это главный недостаток ГУРа. Насос работает постоянно, даже при движении по прямой, создавая так называемую паразитную нагрузку на двигатель. По данным исследований, опубликованных в журнале «За рулем», это приводит к повышению расхода топлива на 3-5%. Функциональность: Ограниченная. Характер усилия («чувство руля») задается механически и практически не поддается регулировке. Интеграция с системами активной безопасности (например, Lane Keep Assist) крайне затруднена или невозможна. Адаптивность: отсутствует. Усилие не меняется в зависимости от скорости автомобиля или условий движения (если нет отдельной электрогидравлической системы управления насосом). ГУР эффективен с точки зрения передачи мощного усилия, но крайне неэффективен в плане энергозатрат и функциональных возможностей.

2. Электрогидравлический усилитель руля (ЭГУР или EHPS): компромиссный вариант.

Принцип действия: конструкция аналогична ГУР, но насос приводится не ремнем от двигателя, а отдельным электромотором.

Показатели эффективности. Энергопотребление: среднее. Насос включается только тогда, когда требуется помощь в повороте, что снижает паразитные потери. Однако сама гидравлическая система не лишена недостатков (потери на трение, КПД <100%). Экономия топлива по сравнению с ГУР составляет около 1-2%. Функциональность: Базовая адаптивность. Поскольку насосом управляет электроника, система может немного изменять усилие в зависимости от скорости автомобиля. Однако возможности для интеграции с ADAS остаются ограниченными. Адаптивность: ограниченная. Регулировки предустановлены и не могут быть изменены водителем. ЭГУР – это шаг вперед в плане энергоэффективности по сравнению с ГУР, но он сохраняет все его «гидравлические» болезни (сложность, риск утечек) и не предлагает прорыва в функциональности.

3. Электрический усилитель руля (ЭУР или EPS): максимальная эффективность

Принцип действия: полностью отсутствует гидравлика. Электродвигатель оказывает усилие непосредственно на рулевую рейку или колонку. Управляет им электронный блок (ECU) на основе сигналов от датчика крутящего момента на руле и данных о скорости автомобиля.

Показатели эффективности. Энергопотребление: высокое. ЭУР – чемпион по экономичности. Мотор потребляет ток только во время поворота руля. В остальное время система «спит». Это дает экономию топлива до 5–7% по сравнению с ГУР, как отмечают эксперты портала «Авторевю». Функциональность: неограниченная. ЭУР – это ключевой элемент для систем ADAS. Он позволяет реализовать: активный ассистент удержания в полосе, систему автоматической парковки, компенсацию увода при боковом ветре или разноширокихколесах. Адаптивность: полная. Водитель может выбирать режимы езды (комфорт, спорт, нормальный), кардинально меняя жесткость руля. Система автоматически меняет усилие на малой и высокой скорости. ЭУР превосходит все другие системы по совокупной эффективности. Он экономит топливо, открывает дорогу для автономного вождения и предоставляет невиданные ранее возможности по настройке.

Таблица 1

Сравнительная таблица эффективности

Критерий	ГУР	ЭГУР	ЭУР
Влияние на расход топлива	Высокое (+3-5%)	Среднее (+1-2%)	Низкое (экономия 5-7%)
Функциональность и интеграция с ADAS	Отсутствует	Ограниченная	Полная
Адаптивность и настройка	Отсутствует	Ограниченная	Полная
КПД системы	Низкий (потери в насосе, гидролиниях)	Средний	Высокий

Эволюция усилителей руля – это наглядный путь от механической эффективности к цифровой. Если ГУР эффективно преобразует механическую мощность двигателя в усилие на руле, то ЭУР эффективно использует электроэнергию, чтобы обеспечить не только комфорт, но и безопасность, и экономию ресурсов. Именно по этой причине электрический усилитель руля стал безальтернативным стандартом для современного автомобиля.

Библиографический список

1. Автомобильные электронные системы управления: учебник для вузов / А. И. Петров, В. М. Приходько, С. Г. Ширяев ; под ред. А. И. Петрова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Академия, 2021. – 352 с.: ил. –ISBN 978-5-4468-5678-9.
2. Гришкевич, А. И. Гидравлические и электрические системы рулевого управления автомобилей: устройство, диагностика, ремонт: практическое руководство / А.И. Гришкевич. – Москва : За рулём, 2019. – 192 с.: ил., табл. – (Сервисный справочник). – ISBN 978-5-4461-1456-7.
3. Михайлов, Д. Л. Современные системы рулевого управления с электроусилителем (EPS) : диагностика и адаптация / Д.Л. Михайлов. – Санкт-Петербург : Автоэксперт, 2022. – 288 с. : ил. – ISBN 978-5-604-78901-3.
4. Онлайн-ресурс: Энергоэффективность усилителей руля: цифры и факты// За рулём: [официальный сайт журнала]. – 2023. – 15 апреля. URL: https://www.zr.ru/content/articles/energy-efficiency-power-steering/
5. Онлайн-ресурс: Почему мир перешел на электроусилитель руля. Исчерпывающее сравнение // Авторевю: интернет-издание. – 2022. – № 18. – URL:https://www.autoreview.ru/articles/power-steering-comparison

УДК 629.113

КОНОЧКИН А.Д., БЕРДНИКОВ Л.А.

СИСТЕМА РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ «STEER-BY-WIRE»

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

С момента изобретения автомобиля водитель был механически связан с колесами через рулевой вал и сложную систему шестерен. Однако сегодня эта вековая парадигма рушится. На смену ей приходит технология Steer-by-Wire («рулевое управление по проводам»), которая удаляет физическую связь между рулевым колесом и колесами, заменяя ее на электронные сигналы. Это не просто эволюция, а самая настоящая революция в управлении автомобилем.

Принцип работы: от механики к цифре. В традиционных системах (ГУР, ЭУР) усилитель лишь «помогает» водителю повернуть колеса, но механическая связь всегда остается. В системе Steer-by-Wire ее нет.

1. Датчики на рулевой колонке с высочайшей точностью отслеживают угол и скорость поворота рулевого колеса, преобразуя эти данные в цифровые сигналы.

2. Эти сигналы по проводам (или по беспроводной сети, в перспективе) передаются в мощный бортовой компьютер.

3. Компьютер, учитывая скорость автомобиля, данные с камер, радаров и режим движения, вычисляет необходимый угол поворота колес.

4. Электрический двигатель (актуатор), установленный на рулевой рейке, с ювелирной точностью поворачивает колеса в соответствии с командой компьютера.

Обратная связь: чтобы водитель не терял связь с дорогой, в рулевой колонке установлен специальный мотор обратной связи. Он создает искусственное усилие на руле, имити-

рующее сопротивление колес, вибрации от неровностей и даже информируя о границах сцепления с дорогой.

Устранение громоздкого механического узла открывает невероятные возможности:

1) безопасность и свободное пространство. Исчезает травмоопасный рулевой вал. В случае лобового столкновения нечему смещаться в сторону водителя. Это дает карт-бланш конструкторам по повышению пассивной безопасности и пересмотру салона;

2) беспрецедентная гибкость в дизайне. Рулевое колесо больше не должно быть круглым и находиться строго перед водителем. Его можно сделать выдвижным, складным или заменить джойстиком. В перспективе это ключ к созданию трансформируемых салонов для автономных автомобилей;

3) программируемое управление. Характер руления становится программным обеспечением. Инженеры могут создать любой алгоритм:

- переменное передаточное число: на парковке руль будет поворачиваться на 10 градусов для полного выворота колес, а на трассе – на все 180 для максимальной точности,
- индивидуальные режимы: Режимы «Comfort», «Sport» или «Track» будут кардинально менять ощущения от руля, а не просто его тяжесть,
- полная интеграция с автопилотом: Автономной системе больше не нужны сложные механизмы для управления; она становится полновластным хозяином системы.

Главный и очевидный вызов – отказоустойчивость. Водители скептически относятся к идее доверять свою жизнь компьютеру. Инженеры решают эту проблему путем создания многократного резервирования: несколько независимых датчиков на руле, дублирующие друг друга электронные блоки управления, несколько независимых источников питания, резервный мотор обратной связи.

Современные системы Steer-by-Wire, как в новом Infiniti QX60 или Toyota bZ4X (на некоторых рынках), имеют степень надежности, сравнимую с современными авиалайнерами, где эта технология уже давно не новинка. Steer-by-Wire – это не просто замена гидравлики на провода. Это фундаментальная перепрошивка самой философии управления автомобилем. Она стирает границу между водителем и пассажиром, открывая дорогу к полностью автономному транспорту с кардинально новым дизайном интерьеров. Механическая связь уходит в прошлое, а на смену ей приходит цифровая, более гибкая, безопасная и безгранично вариативная.

Библиографический список

1. Bosch, R.Automotive Steering: Driver Assistance Systems and Steer-by-Wire / R. Bosch, K. Hoffmann ; пер. сангл. подред. А. В. Климова. – 3-еизд., доп. –Штутгарт : Springer Vieweg, 2023. – 415 с. : ил., схемы. – ISBN 978-3-658-40122-2. –Текст: непосредственный.
2. Воронов, С.А.Системы управления автомобилем "по проводам" (X-by-Wire): технологический прорыв и вызовы безопасности / С.А. Воронов, М.П. Григорьев // Автомобильная промышленность. – 2022. – № 7. – С. 12–17. – ISSN 0005-2389.
3. Интегрированные системы управления шасси автомобиля:учебное пособие для магистров / Д.В. Баженов [и др.]; Национальный исследовательский университет «Московский политех». – Москва : МГТУ «МАМИ», 2021. – 178 с.: ил. – ISBN 978-5-276-04567-1.
4. Toyota Motor Corporation. Техническийобзорсистемы One Motion Grip (Steer-by-Wire) [Электронныйресурс]. – 2023. – URL: https://global.toyota/en/mobility/technology/one-motion-grip/.
5. Онлайн-ресурс: Экспертный анализ: Почему Steer-by-Wire – это будущее, которое уже наступило / А. Петров // Драйв.ру: интернет-издание. – 2024. – 24 января. – URL: https://www.drive.ru/technology/steer-by-wire-future.

УДК 629.113

КОНОЧКИН А.Д., БЕРДНИКОВ Л.А., МОРОЗОВА А.А.

ИСКУССТВЕННОЕ ЧУВСТВО РУЛЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Одной из главных претензий к ранним электронным усилителям руля (ЭУР) со стороны автоэнтузиастов и профессиональных водителей была «ватность» и отсутствие связи с дорогой. Пропадало то самое шестое чувство, которое позволяло по вибрациям и усилию на руле «читать» покрытие и чувствовать границу сцепления. С развитием технологий эта проблема трансформировалась в сложнейшую инженерную задачу: не просто вернуть ощущения, а искусственно создать их с помощью алгоритмов. Так родилась дисциплина под названием Hand-Wheel Feel (HWF) Tuning.

В гидравлическом усилителе (ГУР) обратная связь была прямым и неизбежным физическим следствием работы системы. Давление жидкости в золотниковом распределителе естественным образом менялось в зависимости от сопротивления колес и передавалось на руль. Это был аналоговый, непрерывный процесс. ЭУР разрывает эту механическую связь. Крутящий момент от дороги на рулевую рейку и крутящий момент, который чувствует водитель, – это два разных, управляемых программно параметра.

Инженеры-настройщики разбивают общее ощущение от руля на несколько ключевых компонентов, каждый из которых программируется отдельно.

1. Усилие на парковке: обеспечивает легкое и комфортное маневрирование на низких скоростях. Слишком легкий руль может вызвать ощущение пустоты, а слишком тяжелый – дискомфорт.
2. Демпфирование: подавляет резкие, нежелательные колебания руля после прохода неровностей или при резком маневре. Без демпфирования руль мог бы «биться» в руках. Слишком сильное демпфирование делает руль «заспиртованным» и неживым.
3. Возврат руля в ноль: способность руля самостоятельно, плавно и точно возвращаться в центральное положение после завершения поворота. Недостаточный возврат заставляет водителя «докручивать» руль, а избыточный – бороться с ним.
4. Наклонный эффект: ощущение при движении по прямой. Создает небольшое сопротивление вокруг центрального положения, чтобы автомобиль не рыскал по дороге, а водитель чувствовал осевую стабильность. Это один из самых сложных для настройки параметров.
5. Восприятие дорожного покрытия: тонкие высокочастотные вибрации, передающие информацию о текстуре асфальта. В современных системах ЭУР эти вибрации не передаются с дороги, а генерируются мотором обратной связи на основе данных о скорости автомобиля и других параметров.

Процесс настройки – это симбиоз высоких технологий и человеческого восприятия.

- Стенды и симуляторы: изначально базовые алгоритмы отрабатываются на мощных компьютерах и симуляторах, где инженеры могут виртуально «проехать» по любой дороге.
- Референтные автомобили: команда настройщиков имеет парк автомобилей, считающихся эталонами рулевого управления (например, BMW 3 серии E90, Porsche 911 определенных годов), чтобы постоянно сверяться с идеалом.
- Слепые тесты: инженеры и опытные тест-пилоты проводят сотни часов за рулем прототипов, оценивая анонимные настройки и давая обратную связь по шкалам и дескрипторам («слишком упругий», «недостаточно цепкий»).

Поскольку «чувство руля» стало программным продуктом, его возможности становятся безграничными:

• режимы управления: Режимы «Comfort», «Sport» и «Track» теперь кардинально меняют не просто вес, а весь характер рулевого управления – его остроту, демпфирование и уровень обратной связи;
• персонализация: В будущем водитель сможет самостоятельно настраивать параметры руля через сенсорный экран, как сегодня настраивает положение сидений;
• ситуативная адаптация: Рулевое управление может менять свои характеристики в зависимости от покрытия (мокрый асфальт, снег) или даже от уровня усталости водителя, определяемого системами мониторинга.

Современное электронное рулевое управление – это уже не просто система помощи водителю, а сложный интерфейс «человек-машина». Искусственное чувство руля – это не обман, а новый язык, на котором автомобиль общается с водителем. И от таланта инженеров-настройщиков зависит, будет ли этот язык богатым, информативным и доставляющим удовольствие от вождения.

Библиографический список

1. Дроздов, И.А. Динамика автомобиля: управляемость и устойчивость / И.А. Дроздов, В.Л. Бидюк. – 4-е изд., испр. и доп. – Москва : Машиностроение, 2020. – 332 с.: ил., граф. –ISBN 978-5-94275-934-7.
2. Онлайн-ресурс: Defining Excellence: The Art and Science of Steering Feel Tuning at BMW Group // BMW Group Corporate Archives & Publications [Электронный ресурс]. – 2023. – URL: https://www.bmwgroup.com/en/company/insights/technology/steering-feel-tuning.html.
3. Рулевое управление современных автомобилей: теория, моделирование, тестирование: монография / К.А. Баженов [и др.] ; под общ. ред. С.В. Мишина. – Тольятти : ТГУ, 2022. – 215 с.: ил., схемы. – Библиогр.: с. 205–212. – ISBN 978-5-8259-1234-5.
4. Соловьев, А.В.Методы объективной оценки субъективных характеристик рулевого управления автомобиля / А.В. Соловьев, П.Д. Костин // Вестник МГТУ «МАМИ». Серия «Двигателестроение, конструкция и эксплуатация автомобилей». – 2021. – Т. 15, № 4 (38). – С. 84–92. – ISSN 2074-0530.

УДК 621

КРАСНОВ Ю.В., ШМАРОВ А.А.

ВЕРОЯТНОСТНЫЕ РАСЧЕТЫ ЗАТЯЖКИ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Оптимальная затяжка является одним из основных факторов, определяющих надежность резьбовых соединений транспортных средств. Неправильная затяжка может привести к раскрытию стыка или разрушению резьбы и стержня болта. Трудности в обеспечении оптимальной затяжки связаны с большим рассеянием коэффициентов трения в резьбе f_P и на торце гайки или головке болта f_T , благодаря чему при одном и том же моменте на ключе M сила затяжки F может изменяться в широких пределах. Рассеяние самого момента, зависящее от усилия, прикладываемого рабочим при затяжке обычным ключом, или от погрешности измерения момента при затяжке динамометрическим ключом или другими приспособлениями приводит к дальнейшему увеличению рассеивания силы затяжки F. Поэтому расчет силы затяжки по средним значениям момента на ключе и коэффициентов трения не обеспечивает надежность резьбового соединения. Предлагается использовать вероятностный расчет силы затяжки.

Для расчета математического ожидания силы затяжки F используется формула

$$\overline{F} = \frac{\overline{M}}{\frac{P}{2\pi} + \frac{d_2}{2}\overline{f_{\text{пр}}} + \frac{d_T}{2}\overline{f_T}};$$

где $\overline{M}$– среднее значение момента затяжки,

$\overline{f_{\text{пр}}}$– среднее значение коэффициента трения в резьбе,

$\overline{f_T}$ – среднее значение коэффициента трения на опорной поверхности гайки,

d_2 – средний диаметр резьбы,

d_T – средний диаметр торцовой поверхности гайки,

P – шаг резьбы.

Сила затяжки с заданной вероятностью

$$F = \overline{F} + u_P \cdot S_F = \overline{F}(1 + v_F \cdot u_P),$$

где S_F и v_F – среднее квадратичное отклонение и коэффициент вариации силы затяжки; u_P – квантиль нормального распределения.

Силу затяжки получаем по формуле

$$F = \overline{F}\left(1 + u_P\sqrt{\left(v_M^2 + \left(d_2 \cdot v_{\text{пр}} \cdot f_{\text{пр}}/(2\overline{\text{к}})\right)^2 + \left(d_T \cdot v_T \cdot f_T/(2\overline{\text{к}})\right)^2\right)}\right),$$

где v_M , $v_{\text{пр}}$, v_T - коэффициенты вариации момента затяжки и коэффициентов трения в резьбе и на торце,

$$\overline{\text{к}} = \left(\frac{P}{2\pi} + d_2\frac{f_{\text{пр}}}{2} + d_T \cdot \frac{f_T}{2}\right).$$

УДК 62-592

КУЗНЕЦОВ А.С., ИЛЬЯНОВ С.В., ВАЛОВ Д.В.

ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ АНТИБЛОКИРОВОЧНОЙ СИСТЕМЫ ABS ПРИ ЭКСТРЕННОМ ТОРМОЖЕНИИ НА БЕЗОПАСНОСТЬ

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева

Антиблокировочная система (ABS) является важным компонентом современных автомобилей, направленным на повышение безопасности дорожного движения. Особенно актуально рассмотрение особенностей функционирования ABS в условиях экстренного торможения, когда от эффективности ее работы напрямую зависит сохранение управляемости и снижение тормозного пути [3].

В данной статье рассматриваются основные принципы работы ABS, анализируются ее преимущества и недостатки при экстренном торможении, а также приводится сравнение тормозного пути на автомобилях имеющие ABS и нет.

ABS – это электронная система, предотвращающая блокировку колёс автомобиля при торможении. Основные компоненты ABS включают в себя:

1) датчики скорости вращения колёс: непрерывно отслеживают скорость каждого колеса;

2) гидравлический модулятор: регулирует давление тормозной жидкости в тормозных цилиндрах каждого колеса;

3) электронный блок управления (ЭБУ): обрабатывает данные с датчиков и управляет гидравлическим модулятором.

Принцип работы ABS заключается в следующем: при обнаружении ЭБУ признаков блокировки колеса (резкое снижение скорости вращения), он даёт команду гидравлическому модулятору на снижение давления тормозной жидкости в соответствующем тормозном ци-

линдре. Это позволяет колесу снова начать вращаться, восстанавливая сцепление с дорогой. Затем давление восстанавливается, и цикл повторяется несколько раз в секунду [5].

Система ABS имеет ряд преимуществ, перечисленных далее.

1. Сохранение управляемости: ABS помогает водителю сохранять контроль над автомобилем, снизив вероятность заноса и поворота в нежелательном направлении при резком торможении.

2. Увеличение сцепления: система предотвращает блокировку колес, что обеспечивает лучшее сцепление с дорогой и помогает сохранять максимальную эффективность торможения.

3. Улучшение тормозного пути на скользкой поверхности: на льду или мокрой дороге ABS может сократить тормозной путь, поскольку помогает избежать блокировки колес.

4. Автоматическая работа: Система работает автоматически и не требует от водителя дополнительных действий, кроме нажатия на тормоза.

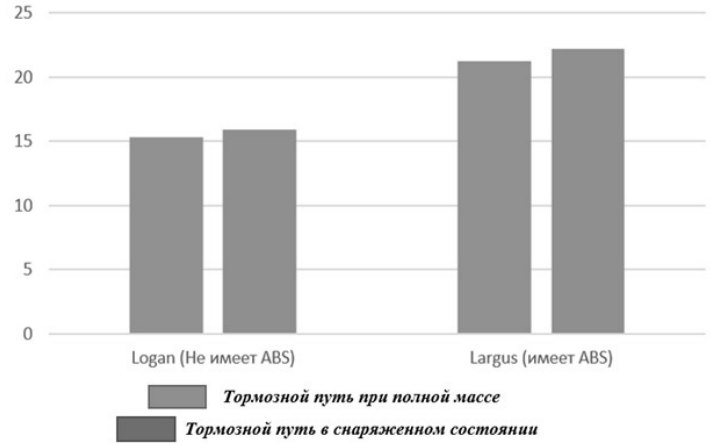
Несмотря на положительные качества ABS обладает и указанными далее недостатками.

1. Сложность в ремонте: обслуживание и ремонт систем АБС могут быть более дорогими и сложными по сравнению с обычными тормозными системами.

2. Ложное чувство безопасности: водители могут стать менее внимательными, полагаясь на систему и не адаптируя свои действия под конкретные условия дороги.

3. Увеличение тормозного пути: при срабатывании ABS, не происходит блокировки колес, что в свою очередь увеличивает тормозной путь, что может быть опасным при экстренной ситуации.

Для получения более точной информации, нами были проведены экспериментальные замеры тормозных путей на автомобилях Renault Logan, который не оснащен системой ABS, и Lada Largus, в котором ABS присутствует. Данные автомобили имеют одинаковую тормозную систему (передние дисковые тормоза и задние барабанные). Замеры проводились на сухом, прямом участке дороги, со снаряженной массой и полной массой автомобиля. Результаты представлены на рис. 1.



RenaultLogan (без ABS), снаряженная масса: тормозной путь (S_n) = 15,33 м;
RenaultLogan (без ABS), полная масса: тормозной путь(S_n) = 15,90 м;
LadaLargus (с ABS), снаряженная масса: тормозной путь (S_n) = 21,27 м;
LadaLargus (с ABS), полная масса: тормозной путь (S_n) = 22,18

Рис.1. Сравнение тормозного пути с ABS и без

Антиблокировочная система ABS является важным элементом активной безопасности автомобиля, повышающим его управляемость и снижающим риск ДТП при экстренном торможении. При этом она не гарантирует полную безопасность. Исходя из экспериментальных данных, видно, что ABS не сокращает тормозной путь, что может привести к ДТП в экстренной ситуации. Однако, эффективность ABS зависит от ряда факторов, включая тип дорожного покрытия, состояние шин и подвески, а также технику торможения водителя. Водителям необходимо понимать принцип работы ABS и учитывать её особенности при управлении автомобилем в различных дорожных условиях [1,2]. Также важно регулярно проводить техническое обслуживание автомобиля и следить за состоянием шин и подвески.

Библиологический список:

1. ГОСТ. 33997-2016. Колесные транспортные средства. Требования к безопасности в эксплуатации и методы проверки: – М.: Стандартинформ, 2018. – 68 с.
2. ГОСТ Р 41.13-2007. (Правила ЕЭК ООН №13). Единообразные предписания, касающиеся транспортных средств категорий M, N и O в отношении торможения: – М.: Стандартинформ, 2009. – 166 с.
3. Кузьмин Н.А., Песков В.И. Теория эксплуатационных свойств автомобиля: учеб. пособие. – М.: ФОРУМ; НИЦ ИНФРА-М, 2013. – 256 с.
4. Лакеев А.С., Молев Ю.И., Прошин Д.Н. Метод оценки параметров торможения транспортных средств с учетом требований технического регламента.
5. Пучкин В.А. Основы экспертного анализа дорожно-транспортных происшествий: П 88 База данных. Экспертная техника. Методы решений. – Ростов н/Д: ИПО ПИ ЮФУ, 2010. – 400 с.

УДК 625.8

КУЗНЕЦОВ А.С., ИЛЬЯНОВ С.В., ВАЛОВ Д.В.

ВЛИЯНИЕ ЗАГРУЖЕННОСТИ АВТОМОБИЛЯ НА ТОРМОЗНОЙ ПУТЬ ПРИ ЭКСТРЕННОМ ТОРМОЖЕНИИ

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева

Тормозной путь является одним из важнейших показателей безопасности автомобиля, определяющим расстояние, которое транспортное средство проходит от момента начала торможения до полной остановки. Масса автомобиля оказывает существенное влияние на этот показатель, особенно в условиях экстренного торможения [3].

В данной статье рассматриваются основные факторы, определяющие влияние массы на тормозной путь, анализируются теоретические аспекты и приводится практический пример.

Теоретические основы влияния массы на тормозной путь:

Тормозной путь определяется несколькими факторами, включая начальную скорость автомобиля, коэффициент сцепления шин с дорожным покрытием, эффективность тормозной системы и, конечно, массу автомобиля. В соответствии с законами физики, для остановки тела большей массы требуется большее усилие и, следовательно, большее расстояние [3,4].

Формула для расчета тормозного пути (S_n) имеет вид:

$$(S_n) = \frac{V^2}{2 \cdot a},$$

где: V – начальная скорость автомобиля; a – ускорение (в данном случае – замедление) при торможении.

Ускорение, в свою очередь, определяется силой трения $(F_{тр})$ между шинами и дорогой и массой автомобиля (m):

$$\alpha = \frac{(F_{тр})}{m}.$$

Таким образом, видно, что при увеличении массы автомобиля при той же силе трения ускорение замедления уменьшается, что приводит к увеличению тормозного пути.

Факторы, определяющие зависимость тормозного пути от массы. На практике зависимость тормозного пути от массы автомобиля определяется рядом факторов [1,2]:

- коэффициент сцепления шин с дорожным покрытием: чем выше коэффициент сцепления, тем больше сила трения и тем меньше тормозной путь. Однако, максимальная сила трения ограничена, и при превышении этого предела (например, при блокировке колёс) дальнейшее увеличение массы уже не приводит к пропорциональному уменьшению тормозного пути;

• эффективность тормозной системы: современные автомобили оснащаются различными системами, такими как ABS и EBD, которые позволяют оптимизировать тормозное усилие на каждом колесе и предотвратить блокировку. Эти системы компенсируют влияние массы, но не устраняют его полностью;

• распределение массы по осям: распределение массы между передней и задней осями автомобиля также влияет на тормозной путь. Оптимальное распределение массы позволяет максимально эффективно использовать тормозные возможности каждого колеса;

• тип дорожного покрытия: на разных типах дорожных покрытий (сухой асфальт, мокрый асфальт, лёд, снег) коэффициент сцепления и, следовательно, тормозной путь будут разными.

Практические примеры влияния массы на тормозной путь.

В рамках эксперимента, мы замеряли значения пересчитанного тормозного пути (S_n) при скорости 40 км/ч. Разница в снаряженной и полной массой 350 кг. В табл. 1 приведены значения тормозного пути при снаряжённой и полной массе.

Таблица 1

Значения тормозного пути при снаряжённой и полной массе

Автомобиль	Покрытие	S_n, снар. масса (м)	S_n, полн. масса (м)	Разница (%)
Renault Logan серого цвета	Сухой асфальт	15,33	15,90	+3,7%
Lada Largus	Сухой асфальт	21,27	22,18	+4,3%
Honda Civic	Сухой асфальт	16,15	16,85	+4,3%
Renault Logan синего цвета	Сухой асфальт	15,03	15,60	+3,8%
Kia Rio	Сухой асфальт	15,17	16,02	+5,6%
Geely Tugella	Сухой асфальт	14,98	15,95	+6,5%
Toyota Sienta	Сухой асфальт	18,10	19,00	+5%

Как видно из табл. 1, для всех исследуемых автомобилей наблюдается увеличение тормозного пути при переходе от снаряжённой массы к полной. Разница составляет от 3,7 % до 6,5 %, в зависимости от конкретной модели автомобиля.

Наименьшее изменение наблюдается у автомобилей Renault Logan, где увеличение тормозного пути составило всего 3,7 %. Это может свидетельствовать об эффективной работе тормозной системы и хорошем распределении массы. В то же время наибольшая разница была зафиксирована у Geely Tugella (6,5%).

Способы снижения влияния массы на тормозной путь

Для снижения влияния массы на тормозной путь применяются различные технические решения:

• использование более эффективных тормозных систем (например, дисковые тормоза вместо барабанных, усиленные тормозные механизмы);

• применение систем ABS и EBD для предотвращения блокировки колёс и оптимизации распределения тормозных усилий;

• использование современных шин с высоким коэффициентом сцепления;

• облегчение конструкции автомобиля за счет использования легких материалов (алюминий, композитные материалы).

Загруженность автомобиля оказывает существенное влияние на тормозной путь при экстренном торможении. Увеличение массы приводит к увеличению тормозного пути, что необходимо учитывать при управлении автомобилем. Для снижения влияния массы используются различные технические решения, такие как эффективные тормозные системы, системы ABS и EBD, а также современные шины. Водителям необходимо учитывать массу автомобиля при выборе безопасной дистанции и скорости движения. Важно помнить, что при увеличении массы автомобиля необходимо увеличивать дистанцию до впереди идущего транспортного средства [5].

Библиографический список

1. ГОСТ. 33997-2016. Колесные транспортные средства. Требования к безопасности в эксплуатации и методы проверки: – М.: Стандартинформ, 2018. – 68 с.
2. ГОСТ Р 41.13-2007. (Правила ЕЭК ООН №13). Единообразные предписания, касающиеся транспортных средств категорий M, N и O в отношении торможения: – М.: Стандартинформ, 2009. – 166 с.
3. Кузьмин Н.А., Песков В.И. Теория эксплуатационных свойств автомобиля: учеб. пособие. – М.: ФОРУМ; НИЦ ИНФРА-М, 2013. – 256 с.
4. Лакеев А.С., Молев Ю.И., Прошин Д.Н. Метод оценки параметров торможения транспортных средств с учетом требований технического регламента.
5. Пучкин В.А. Основы экспертного анализа дорожно-транспортных происшествий: П 88 База данных. Экспертная техника. Методы решений. – Ростов н/Д: ИПО ПИ ЮФУ, 2010. – 400 с.

УДК 656.135.2

ЛУКОНИН И.А., КУЛЯЗИН А.Д., КУЗЬМИН Н.А.

УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЙ МЕТОД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ МАРШРУТИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева

Исследование посвящено разработке современного подхода к оптимизации транспортных систем, что особенно актуально в условиях растущих требований к эффективности логистики. Предложенный метод базируется на интеграции классических алгоритмов оптимизации с передовыми технологиями машинного обучения и параллельных вычислений.

В основе усовершенствованной модели лежит комплексный подход, включающий гибридный алгоритм решения, который эффективно сочетает точные и эвристические методы. Система построена на базе машинного обучения для прогнозирования трафика, оснащена модулем параллельных вычислений и адаптивной системой корректировки маршрутов.

Целевая функция представлена следующим выражением:

$$Z = min(\sum k = 1m\sum i = 1n\sum j = 1nCijkxijk + \sum k = 1mFk).$$

Модель учитывает ключевые ограничения:

1)соблюдение временных окон

$(ei \leq tik \leq li)$,

2)контроль вместимости транспортных средств

$(\sum i = 1ndivik \leq Qk)$.

Процесс решения включает три основных этапа. На первом этапе проводится предварительная обработка данных с применением ML-моделей, кластеризация точек доставки и прогнозирование временных окон. Второй этап предполагает декомпозицию задачи на подзадачи с параллельным расчетом маршрутов. Завершающий этап включает оптимизацию маршрутов с использованием генетических алгоритмов и корректировку в реальном времени.

Внедрение усовершенствованного метода позволило достичь значительных улучшений: время расчета сократилось в 2-5 раз, экономия топлива составила 12-15%, парк транспортных средств уменьшился на 10-12%, а точность соблюдения временных окон достигла 95%.

Разработанный метод успешно применяется в различных сферах: городской логистике, пассажирских перевозках, коммунальных службах и экстренных службах. Система обладает рядом технических преимуществ, включая GPU-ускорение вычислений, интеграцию с облачными технологиями и GPS-системами.

Примеры применения усовершенствованного метода

Пример 1. Городская логистика (служба доставки продуктов)

Компания по доставке продуктов обслуживает 150 заказов ежедневно в пределах города. До внедрения метода планирование маршрутов занимало 4–5 часов, использовались 25 автомобилей.

После внедрения:

1)время расчёта маршрутов сократилось до 1 часа (ускорение в 4 раза);

2)количество задействованных автомобилей уменьшилось до 22 (экономия 12 % парка);

3)экономия топлива – 14 % за счёт оптимизации маршрутов с учётом пробок (прогнозирование трафика через ML-модели);

4)точность соблюдения временных окон (доставка в интервале 30 минут) выросла с 80 % до 95 %.

Пример 2. Пассажирские перевозки (маршрутные такси)

Автопарк из 50 маршрутных такси обслуживает 10 городских маршрутов с пиковыми нагрузками утром и вечером.

Внедрение метода позволило:

1)динамически корректировать маршруты в реальном времени при заторах (данные с GPS и городских камер);

2)сократить среднее время ожидания на остановках на 15 %;

3)перераспределить нагрузку между маршрутами: 5 автомобилей переведены на резервный режим (экономия 10 % парка);

4)снизить расход топлива на 12 % за счёт сглаживания пиковых нагрузок и выбора альтернативных путей.

Предложенный метод обеспечивает комплексную оптимизацию транспортных систем, существенно снижая операционные затраты и повышая качество обслуживания. Внедрение современных технологий позволяет достичь значительных улучшений в эффективности транспортных процессов при сохранении высокой точности результатов.

Библиографический список

1. Данциг Г.Б., Рамсер Дж.Х. Проблема диспетчеризации грузовиков // Управление наукой. 1959.
2. Кечагиопоулос П.Н., Белианиас Г.Н. Решение проблемы маршрутизации городского транспорта // Прикладное мягкое вычисление. 2014.
3. Гудфеллоу И., Бенджио Й., Курвилль А. Глубокое обучение. М.: ДМК Пресс, 2018.
4. Тот П., Виго Д. Проблема маршрутизации транспортных средств. Филадельфия: Общество промышленной и прикладной математики, 2002.
5. Ли Л.Ю.О., Фу З. Проблема маршрутизации школьных автобусов // Журнал операций и исследований. 2002.

УДК 629.1.07

Молев М.Ю.[1], Вахидов У.Ш.[2]

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ВОДИТЕЛЯМИ

[1]Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева
[2]Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

По информации ГИБДД МВД РФ каждый год в России погибают в дорожно-транспортных происшествиях около 14 тысяч человек и около 160 тысяч человек получают травмы различной тяжести [http://stat.gibdd.ru/]. Ущерб от аварийности на дорогах оценива-

ется величиной, равной более 350 млрд. руб (232,5 млрд – выплаты только страховых компаний [https://autoins.ru/upload/reports/AReport_RAMI_2024.pdf]), что составляет около 0,1-0,2% ВВП [https://tass.ru/ekonomika/27071511]. Одним из наиболее перспективных направлений борьбы с аварийностью является совершенствование подготовки водителей и адаптация конструкции транспортных средств к физическим особенностям водителей. При этом какие-либо законодательно установленные требования к водителям (за исключением предельно-допустимого уровня содержания алкоголя в крови) в явном виде отсутствуют. Вместе с тем, Приложением N 8 к Административному регламенту Министерства внутренних дел Российской Федерации по предоставлению государственной услуги по проведению экзаменов на право управления транспортными средствами и выдаче водительских удостоверений, утвержденному приказом МВД России от 20.02.2021 N 80 одним из условий, при которых водители не допускаются к управлению транспортными средствами являются ошибки в позиционировании автомобиля на поверхности движения являются в ошибке позиционирования, а именно остановка транспортного средства с заездом за «стоп-линию» или остановка на расстоянии более 1,0 метра до неё (как при движении передним, так и задним ходом), а так же пересечение границы коридора движения, выбираемого исходя из ширины транспортного средства и бокового интервала, равного 1 метру. То есть можно считать, что водитель должен позиционировать своё транспортное средство с точностью до 1 метра.

Проверка точности позиционирования транспортных средств в потоках на дорогах Нижегородской области проводились в период с 1 марта по 18 апреля 2026 года. В связи с тем, что общее количество транспортных средств при каждом исследовании не превышало 1000 штук, считалось, что существенного влияния на общий массив информации, состоящий из оценки точности позиционирования данное исследование оказать не может. Поэтому суммарная величина отклонения считалось постоянной, а определялась и сравнивалась средне отклонение, полученное в результате каждого конкретного замера.

Результаты проведённых исследований приведены в табл. 1 и 2.

Общий вывод: более 95% водителей, участвующие в дорожном движении, соответствуют критериям отбора, установленным нормативными требованиям по проведению экзаменов на право управления транспортными средствами. Не точность позиционирования в виде выезда за «стоп-линию» при запрещающем сигнале светофора обусловлена не только неточностью позиционирования, но и скоростью движения при которой происходит принятие решение, что подтверждается более высоким среднеквадратическим отклонением полученных результатов.

Таблица 1

Результаты статистических исследований

№	Место исследования	Общее кол-во транспортных средств за период исследования	Расстояние от остановившегося транспортного средства до стоп-линии	Среднее значение	σ	σ/σ_{Σ}
1	Магистраль М7	3000	-0,2 - 0,7	0,2	1,2	1,14
2	Нижегородское шоссе г. Дзержинска	1000	0-0,5	0,1	0,95	1,0
3	Московское шоссе г. Н.Новгорода	3000	-0,1 - 0,5	0,15	1,0	1,05
5	ул. Минина г. Н.Новгорода	1000	0-0,5	0,1	0,95	1,0
6	п-кт Циолковского г. Дзержинска	2000	0-0,5	0,1	0,95	1,0
7	ул. Терешковой г. Дзержинска	1000	0-0,5	0,1	0,95	1,0
8	ул. Патоличева г. Дзержинска	1000	0-0,5	0,1	0,95	1,0

Таблица 2
Результаты статистических исследований

№	Место исследования парковок	Общее кол-во транспортных средств за период исследования	Разница между расстояниями от остановившегося транспортного средства до левой и правой границы места парковки	Среднее значение	σ	σ/σ_{Σ}
1	ТД Лемана Про (Московское шоссе 352 К)	1000	0- 0,5	0,2	1,0	1,0
2	ТРК «Фантастика» (ул. Родионова 187В)	500	0 -0,5	0,1	1,0	1,0
3	ТРЦ «Седьмое небо» (ул. Бетанкура 1)	500	0 -0,5	0,1	1,0	1,0
5	Индиго LIFE (ул. Казанское шоссе 11)	500	0 - 0,5	0,1	0,95	0,95
6	ТД «Меркурий» г. Дзержинск п-кт Циолковского 78	200	0-0,5	0,1	0,95	0,95

Рис.1. Примеры правильного и неправильного позиционирования автомобилей на поверхности движения

УДК 665

МАКАРОВ Е.Н., БЕРДНИКОВ Л.А., РОМАНЮК И.Ю.

ПОГРУЗКА КРУГЛЫХ БРЕВЕН

Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева

Погрузка круглых лесоматериалов является одним из наиболее ответственных и технологически сложных этапов в цепочке лесозаготовки. От правильности её выполнения напрямую зависят безопасность дальнейшей транспортировки, сохранность груза и подвижного состава, а также эффективность всего логистического процесса. Нарушение регламентов погрузки может привести к аварийным ситуациям на дороге, повреждению техники и значительным финансовым потерям.

Ключевой особенностью процесса является необходимость обеспечения устойчивости штабеля бревен во время движения по сложному рельефу лесовозных дорог. Основные риски включают смещение, рассыпание или выпадение отдельных бревен из-за динамических нагрузок, вибрации и наклонов. Для их минимизации применяется комплекс технических средств и строгие правила укладки. Обязательными элементами оснащения лесовоза являются надежные коники (передний и задний), металлические стойки для формирования бортов и

системы крепления с использованием стальных канатов или цепей с механическими натяжителями (лебедками, храповыми механизмами). Для предотвращения продольного смещения груза используются гребенки или укладка бревен в специальные пазы роспуска. Кабина автомобиля в обязательном порядке защищается от возможного соскальзывания бревен прочным защитным щитом или панелью [1].

Для удобства погрузки и сортировки лесоматериалов их нужно разместить на лесосеке. Бревна укладывают на прокладки, которые устанавливают симметрично оси штабеля не далее 1 метра от торцов, комлями и вершинами в противоположные стороны, выравнивая по одной стороне штабеля. Пиломатериалы в блок-пакетах должны быть одного сорта, размера и породы, укладка внахлест не допускается. Все лесоматериалы хранят на подштабельных основаниях высотой не менее 0,35 м из антисептированных подкладок или железобетонных элементов. Штабеля круглого леса по ширине не должны превышать длину бревна, а по длине – 100 м. Штабеля формируют в группы не более 12 штук, с длиной группы до 150 м и шириной 15 м, оставляя между штабелями разрывы не менее 2 м. При сухом хранении окорённые материалы укладывают в плотные нормальные штабеля или в разреженные – с зазором между сортиментами от 50 мм и прокладками между рядами [1].

Современным и эффективным для погрузки круглых бревен решением является использование автомобилей, оснащенных гидравлическими кранами-манипуляторами (КМУ), что позволяет выполнять погрузочно-разгрузочные работы силами одного оператора-водителя, это уменьшает расходы. Однако это налагает дополнительные требования по безопасности. Перед началом работ водитель-оператор обязан провести ежесменный осмотр КМУ, проверив состояние стрелы, гидросистемы, канатов и выставив выносные опоры (аутригеры) на твердое основание [2].

Зачастую перевозка круглых бревен не производится от лесосеки сразу до лесопилки, а происходит доставка до промежуточных морских портов, поэтому следует рассмотреть способы погрузки большого количества бревен из уже упакованных штабелями. Для строповки бревен и пиломатериалов эффективно используется строп со свободным перемещающимся крюком, который легко снимается после укладки груза. Автоматизация процесса достигается с помощью приспособления с самооткрывающимися петлями. Оно состоит из канатов с петлями, цепей, откидных крюков и траверсы. После опускания бревен и снятия нагрузки крюки поворачиваются в шарнирах, петли соскальзывают, и для полного освобождения груза остается лишь поднять кран и вытянуть канаты. Для максимального использования мощности кранов применяется пакетный способ погрузки и выгрузки бревен с помощью специальной траверсы с длинными стропами. Длинномерный лес пакетируют многооборотными гибкими стропами, состоящими из стальных звеньев в нижней части и цепного замка в верхней. Такие стропы формируют овальный пакет, который при укладке в вагон расплющивается, оптимально используя его объем. Грузоподъемность достигает 10 тонн [3].

Таким образом, правильная погрузка круглого леса – это критически важный и сложный процесс, от которого зависит безопасность транспортировки и сохранность груза. Ключ к успеху – в строгом соблюдении технологии на всех этапах: от грамотной укладки в штабеля на лесосеке до надёжного крепления на лесовозе с помощью коников, стоек и систем фиксации.

Библиографический список

1. ПБ 10-257-98 Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов-манипуляторов;
2. ГОСТ 9014.0-75. Лесоматериалы круглые, хранение, общие требования;
3. ГОСТ 14110-97. Стропы многооборотные полужесткие.

УДК 621.6

МИНЕЕВ В.А., РОМАНЮК И.Ю., БЕРДНИКОВ Л.А.

ПРАВИЛА ПЕРЕВОЗКИ ИНЕРТНЫХ ГАЗОВ

Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева

Инертные газы, такие как аргон, гелий, неон, криптон и ксенон, широко применяются в различных отраслях промышленности – от сварочных работ и металлургии до электроники и медицины. Несмотря на свою низкую химическую активность, они относятся к категории опасных грузов при транспортировке из-за высокого давления в баллонах и потенциальных рисков, связанных с их утечкой или повреждением тары. Соблюдение правил перевозки инертных газов является обязательным условием обеспечения безопасности на всех этапах логистической цепи.

Основные требования к транспортировке инертных газов регламентируются национальными и международными нормативными документами. В России ключевым стандартом является ГОСТ Р 55892-2020 «Газы инертные. Транспортирование и хранение», который устанавливает общие правила обращения с такими грузами. Кроме того, при международных перевозках необходимо учитывать положения Европейского соглашения о международной дорожной перевозке опасных грузов (ДОПОГ), а также правила Международной организации гражданской авиации (ИКАО) и Международной морской организации (ИМО) для воздушного и морского транспорта соответственно.

Первым и наиболее важным этапом является правильная подготовка тары. Инертные газы перевозятся в стальных или композитных баллонах, которые должны соответствовать требованиям ГОСТ 949-73 «Баллоны стальные малого и среднего объема для газов». Каждый баллон обязан иметь:

- четкую маркировку с указанием названия газа, даты испытания, рабочего и испытательного давления;
- защитный колпак для вентиля;
- цветовую идентификацию (например, аргон – серый баллон с зеленой полосой).

Перед погрузкой необходимо визуально проверить целостность баллона, отсутствие вмятин, коррозии и повреждений вентиля. Запрещается транспортировать баллоны с истекшим сроком технического освидетельствования.

Транспортное средство, используемое для перевозки, должно быть оборудовано средствами фиксации баллонов – специальными креплениями, стяжками или клетями, предотвращающими их перемещение во время движения. Баллоны должны располагаться в горизонтальном положении или вертикально с надежным закреплением. Запрещается перевозить инертные газы вместе с легковоспламеняющимися материалами, окислителями или пищевыми продуктами.

Водитель, осуществляющий перевозку, обязан иметь действующее свидетельство ДОПОГ и пройти соответствующий инструктаж по обращению с опасными грузами. Транспортное средство должно быть обозначено информационными табличками оранжевого цвета с кодом опасности и номером ООН (например, для аргона – ООН 1006), а также оснащено огнетушителем и набором средств индивидуальной защиты.

При разгрузке и погрузке баллонов запрещается бросать их, подвергать ударам или нагреву. Перемещение должно осуществляться с помощью специальных тележек или носилок. Хранение баллонов на складе должно соответствовать требованиям пожарной безопасности: помещение должно быть сухим, хорошо вентилируемым, защищенным от прямых солнечных лучей и источников тепла.

Соблюдение этих правил не только обеспечивает юридическую и экологическую безопасность, но и значительно снижает риски аварийных ситуаций, сохраняя жизнь и здоровье людей, а также целостность груза.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 55892-2020 «Газы инертные. Транспортирование и хранение».
2. Европейское соглашение о международной дорожной перевозке опасных грузов (ДОПОГ). Издание 2023 г.
3. ГОСТ 949-73 «Баллоны стальные малого и среднего объема для газов. Технические условия».
4. https://www.transport.ru/news/bezopasnaya-perevozka-inertnyh-gazov-pravila-i-rekomendatsii

УДК 656.033

ПАНФИЛОВ И.В., РОМАНЮК И.Ю., МОРОЗОВА А.А.

ПЕРЕВОЗКА НЕГАБАРИТНОГО ГРУЗА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В условиях современной глобальной экономики перевозка негабаритных и тяжеловесных грузов является стратегически важной задачей для таких отраслей, как энергетика, машиностроение и строительство. Эти уникальные перевозки требуют особого подхода, тщательного планирования и строгого соблюдения нормативных требований, поскольку связаны с повышенными рисками и сложностями.

Негабаритным считается груз, масса и/или размеры которого вместе с транспортным средством превышают установленные нормы. Согласно действующим правилам, к негабаритным относятся грузы, имеющие следующие параметры:

- по высоте – более 4 м;
- по длине – более 20 м (допускается свес до 2 м);
- по ширине – более 2,55 м;
- по массе – более 38 т.

Классификация негабаритных грузов осуществляется по нескольким критериям:

- по размеру: длинномерные, широкие, высокие;
- по весу: тяжеловесные;
- по типу материала: металлоконструкции, машины и оборудование;
- по способу транспортировки: автомобильные, железнодорожные, морские, авиационные.

Каждый вид негабарита требует индивидуального подхода к транспортировке, включая использование специального подвижного состава и методов крепления.

Организация перевозки негабаритного груза – многоэтапный процесс, требующий координации между всеми участниками.

Начальным этапом является точное определение характеристик груза: габаритов, веса, центра тяжести и особенностей конструкции. На основе этих данных осуществляется планирование маршрута, которое учитывает:

- ограничения по высоте, ширине и весу на мостах, путепроводах и в тоннелях;
- интенсивность движения и возможность временного закрытия дорог;
- наличие препятствий (ЛЭП, знаки, сооружения);
- погодные условия.

Обязательно разрабатываются запасные маршруты на случай непредвиденных обстоятельств.

Перевозка негабарита допускается только при наличии специального разрешения, выдаваемого владельцем автомобильной дороги. Для его получения необходимо предоставить пакет документов, включающий:

- маршрут транспортировки,
- адреса погрузки/выгрузки,
- точные вес и габариты груза,
- чертежи и спецификацию груза.

Срок согласования маршрута и получения разрешения может занимать от 7 до 20 дней. Госпошлина за его оформление составляет 1600 рублей.

Для перевозки используются специализированные транспортные средства, такие как седельные тягачи с низкорамными тралами (например, MAN TGS 26.440 грузоподъемностью до 60 т или Mercedes-benzArocs грузоподъёмностью до 48 т). Безопасность обеспечивается за счет:

- надежного крепления груза;
- оборудования транспортного средства проблесковыми маячками и знаками («Крупногабаритный груз», «Автопоезд», «Длинномерное транспортное средство»);
- организации сопровождения автомобилями прикрытия и, в отдельных случаях, патрульными автомобилями ГИБДД.

Требования к сопровождению зависят от размеров автопоезда. Например, при длине от 24 до 30 м обязательно наличие автомобиля прикрытия, а при ширине более 4 м может потребоваться сопровождение патрульной машиной.

Основными документами, регулирующими перевозку негабарита, являются Правила дорожного движения, Приказ Минтранса России № 343 и Кодекс об административных правонарушениях (КоАП РФ).

Ключевые правила

- Скорость движения не должна превышать 80 км/ч.
- Груз не должен ограничивать обзор водителю, влиять на устойчивость ТС, закрывать световые приборы и опознавательные знаки.
- Обязательно соблюдение режима труда и отдыха водителя: время управления за рулем не более 9 часов в сутки (с возможностью увеличения до 10 часов дважды в неделю) и обязательный специальный перерыв продолжительностью не менее 45 минут после 4 часов 30 минут управления.
- ТС оснащают светоотражающими знаками – автопоезд, крупногабаритный или длинномерный груз.
- Обязательно оформление специального разрешения.
- Грузоперевозчик обеспечивает должное сопровождение, если длина товара находится в пределах 24-30 м, а ширина 3,5-4 м.
- Сопровождающие автомобили оборудуют проблесковыми маячками оранжевого цвета.

За нарушения предусмотрена административная ответственность по ст. 12.21.1 КоАП РФ, которая предусматривает значительные штрафы для водителей, должностных и юридических лиц, а также задержание транспортного средства на специализированную стоянку.

Помимо специального разрешения, обязательными документами являются:

- договор перевозки**,** определяющий права и обязанности сторон;
- товарно-транспортная накладная (CMR)**,** состоящая из товарного и транспортного разделов. Она оформляется в нескольких экземплярах и служит основанием для списания/оприходования товара и расчетов с перевозчиком;
- путевой лист с отметками о соблюдении режима труда и отдыха.

Перевозка негабаритных и тяжеловесных грузов – это сложный, высокоответственный процесс, успех которого зависит от комплексного подхода. Тщательное планирование маршрута, своевременное получение всех разрешений, использование исправного специализированного транспорта, строгое соблюдение правил безопасности и норм трудового законода-

тельства являются неотъемлемыми условиями безопасной и эффективной доставки уникальных грузов, обеспечивающих развитие ключевых отраслей экономики.

Библиографический список

1.Инструкция министерства транспорта по перевозке негабаритных и тяжеловесных грузов от 31.10.23 №361.
2.Постановление правительства об утверждении правил перевозок грузов автомобильных транспортом от 21.12.20 №2200.
3.Приказ Минтранса РФ от 16.10.2020 №424 «Об утверждении особенностей режима рабочего времени и времени отдыха, условия труда водителей и автомобилей» (в ред. Приказа Минтранса России от 12.01.2022 №987).

УДК 621.113

ПЕТРОВ А.А., ОКОЛЬЗИН А.А., КУСТИКОВ А.Д., КОРЧАЖКИН М.Г.

АНАЛИЗ СНИЖЕНИЯ СВЕТОПРОПУСКАЕМОСТИ ФАР И ВОССТАНОВЛЕНИЕ СВЕТОВОГО ПОТОКА НА BMW X6 ПРИ БОЛЬШОМ ПРОБЕГЕ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Современные автомобили оснащаются поликарбонатными фарами, которые обладают высокой прочностью и хорошими оптическими характеристиками. Однако в процессе эксплуатации под воздействием ультрафиолета, реагентов, абразивной пыли и перепадов температур поверхность фар мутнеет, желтеет и покрывается микроцарапинами.

Это приводит к резкому снижению светового потока, ухудшению видимости и повышению риска аварийных ситуаций, особенно при движении в тёмное время суток.

BMW X6, как автомобиль премиального сегмента, оснащается сложной оптической системой, эффективность которой напрямую зависит от качества внешней поверхности фар. На автомобилях с пробегом более 200 тыс. км снижение светового потока может достигать 70–80%. Поэтому оценка состояния фар на автомобилях с большим пробегом является важным элементом технического обслуживания.

Целью данного исследования является количественная оценка снижения светопропускаемости поликарбонатных фар BMW X6 с большим пробегом и экспериментальное определение эффективности различных этапов восстановления (лёгкая и глубокая полировка, удаление и восстановление защитного слоя)

Дефекты поликарбонатного покрытия

В процессе эксплуатации на поликарбонатных фарах могут появляться различные дефекты, такие как помутнение (матовость), возникающий вследствие разрушения УФ-защитного слоя, что ведёт к снижению светопропускаемости и искажению светового пятна, пожелтение поверхности, являющиеся результатом длительного воздействия солнечных лучшей и перепадов температур, микротрещины и микросколы, появляющиеся из-за пескоструйного износа дорожными частицами, усиливая рассеивание света, царапины разного характера, следствие некачественной мойки, использования абразивных губок и накопления грязи, разрушение верхнего защитного слоя (ЛП), считающийся наиболее критичным дефектом, приводящим к быстрой деградации всего материала.

Такие повреждения существенно уменьшают фактическую светопропускаемость фар - в некоторых случаях более чем на 70%, что было подтверждено результатами измерений на BMW X6спробегом209316км.

Таким образом, поликарбонатное покрытие фар играет ключевую роль в обеспечении качественного освещения дороги и защите материала оптики от внешних воздействий, а его

деградация требует своевременного восстановления для поддержания безопасной эксплуатации автомобиля.

Для определения светопропускаемости фар был проведен эксперимент на автомобиле BMWx6 путем включения ближнего и дальнего света с последующими этапами:

1) очистка поверхности фар с целью удаления всех загрязнений, которые могут повлиять на дальнейшее качество измерения светопропускаемости;
2) подготовка фар с последующей легкой полировкой;
3) глубокая полировка;
4) снятие защитного слоя с помощью шлифовальной бумаги с последующей абразивной полировкой;
5) нанесение защитного слоя (восстановление ЛКП/бронепленки).

Рис. 1. Измерения яркости светопропускаемости

После проведения всех измерений данные занесены в табл. 1, 2.

Таблица 1

Светопропускаемость фар BMW X6, лм

	0,5м		3м		6м	
	Ближний	Дальний	Ближний	Дальний	Ближний	Дальний
До мероприятия по улучшению	7252	16999	1269	3095	703	1431
Легкая полировка	18440	33411	1501	3411	857	1586
Глубокая полировка	24903	51960	2195	5781	1036	2321
Без защитного слоя	27021	53195	2387	5921	1273	2499
С защитным слоем (бронепл.)	26937	53069	2207	5857	1186	2395

В табл. 1 приведены абсолютные значения светового потока фар BMW X6 на ближнем и дальнем свете при различных вариантах обработки головной оптики и на трех расстояниях (0,5; 3 и 6 метров).

Для наглядности эффективности каждого этапа улучшения головной оптики рассчитаем относительное изменение светопропускаемости фар BMW X6 в процентах по сравнению с исходным состоянием (табл. 2).

Таблица 2

Светопропускаемость фар после мероприятий BMW X6, %

	Значения, полученные после проведения мероприятий по улучшению светопропускаемости					
	0,5м		3м		6м	
	Ближний	Дальний	Ближний	Дальний	Ближний	Дальний
До мероприятия по улучшению (Φ_{v0})	0	0	0	0	0	0
Легкая полировка (Φ_{v1})	154,27	96,55	18,28	10,21	21,91	10,83
Глубокая полировка (Φ_{v2})	243,39	205,67	72,97	86,79	47,37	62,19

Окончание табл. 2

Без защитного слоя (Φ_{v3})	272,60	212,93	88,10	91,31	81,08	74,63
С защитным слоем (бронепленки) (Φ_{v4})	271,44	212,19	73,92	89,24	68,71	67,37

Согласно данным табл. 2, наиболее существенный прирост светопропускаемости даёт глубокая полировка фар. При этом нанесение защитного слоя (бронепленки) лишь незначительно уменьшает полученный эффект, что делает данный вариант обработки и защиты оптики технически обоснованным с точки зрения сохранения яркости светового потока.

Анализ показал необходимость проведений мероприятий по полировке фар с целью улучшения видимости и уменьшения риска аварийных ситуаций, в особенности при движении в тёмное время суток.

УДК 629.331

ПЕТРОВ В.Н., МИХЕЕВ А.В.

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ХАРАКТЕРИСТИК И АНАЛИЗ РЕЖИМОВ ПРИВОДА МЕХАНИЧЕСКОГО НАГНЕТАТЕЛЯ SC-14 ДЛЯ ФОРСИРОВАНИЯ МАЛОЛИТРАЖНОГО ДВС

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В условиях современных экологических норм и роста стоимости топлива увеличение динамических характеристик малолитражного двигателя остается актуальной задачей и может решаться установкой приводных механических нагнетатели типа Рутс (ROOTS), приводимого в движение непосредственно от коленчатого вала двигателя. Это обеспечивает линейную зависимость давления наддува от оборотов двигателя и обеспечивает мгновенный отклик на нажатие педали акселератора. Однако установка механического нагнетателя требует детального расчета кинематической связи с коленчатым валом двигателя. Неправильно выбранное передаточное отношения шкивов может привести к недобору мощности, перегреву впускного воздуха, детонации двигателя или механическому разрушению силового агрегата, его элементов или элементов нагнетателя.

Проведенное авторами исследование кинематических параметров привода механического нагнетателя SC-14 [1] для двигателя ВАЗ-21067 (1.6 л) позволило сделать следующие выводы.

1. Для создания избыточного давления наддува 0,5 бар с учетом коэффициента объемной эффективности нагнетателя η=0,85 требуемая производительность компрессора составляет 360 м³/ч (6000 л/мин) [2, 3].

2. Оптимальным передаточным отношением ременной передачи, между оборотами коленчатого вала двигателя и оборотами вала нагнетателя, для достижения целевого давления на пике мощности является i≈0,99. При штатном диаметре шкива коленчатого вала 140 мм расчетный диаметр шкива нагнетателя должен составлять 141 мм.

3. В рекомендованной конфигурации (i=0,99) частота вращения роторов SC-14 на максимальных оборотах двигателя 6000 об/мин не превышает 5940 об/мин, что составляет менее 60% от предельно допустимых оборотов нагнетателя. Это обеспечивает значительный запас по механической надежности и исключает необходимость установки промежуточного охладителя наддувочного воздуха.

4. Альтернативная конфигурация с увеличенным передаточным отношением i=1,66 позволяет получить давление наддува 0,5 бар уже при 3000 об/мин, однако на максимальных оборотах двигателя, обороты нагнетателя достигают 9960 об/мин. Данный режим находится

на границе допустимого и требует обязательной установки интеркулера и снижает ресурс масла в редукторе нагнетателя.

Таким образом, предложенная методика расчета позволяет формализовать выбор параметров привода механического нагнетателя и обеспечивает гарантированный прирост мощности двигателя при сохранении запаса надежности силового агрегата.

Библиографический список

1. Supercharger SC-14: технические характеристики и опыт установки // Drive2.ru: автомобильная социальная сеть. – 2013. – URL: https://www.drive2.ru/l/1370240/ (дата обращения: 14.04.2026).
2. Калинин Н. В. Нагнетатели и тепловые двигатели: учебное пособие / Н. В. Калинин, В. И. Субботин [и др.]. – Москва: Изд-во МЭИ, 2018. – 215 с.
3. Сидоров А. А. Наддув ДВС: Расчет турбокомпрессора для наддува поршневого двигателя: учебное пособие / А. А. Сидоров; СПбПУ. – Санкт-Петербург, 2023.

УДК 621.113

ПЕТРОВ А.А., МОЛОДЦОВ И.М.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВОДНОГО КАМНЯ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ЛОБОВОГО СТЕКЛА АВТОМОБИЛЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Лобовое стекло автомобиля представляет собой один из наиболее значимых элементов системы обеспечения безопасности движения. Любые дефекты прозрачной поверхности, даже если они кажутся незначительными при дневном освещении, в реальных условиях эксплуатации способны вызывать выраженные оптические искажения. Одним из таких дефектов является водный камень, который нередко воспринимается как обычное загрязнение, хотя по своей природе он относится к стойким минеральным отложениям и требует иного подхода к удалению.

Объектом исследования в настоящей работе выступает лобовое стекло автомобиля как наружная светопрозрачная конструкция, функционирующая в условиях постоянного контакта с атмосферной влагой, дорожной пылью, химическими реагентами, моющими составами и механическим воздействием стеклоочистителей. Проблема водного камня заключается в том, что в отличие от поверхностной грязи он частично закрепляется в микронеровностях стекла и образует прочный налет, трудно удаляемый стандартной мойкой.

Основной причиной образования водного камня является высыхание воды повышенной жесткости на нагретой стеклянной поверхности. После испарения жидкой фазы на стекле остаются соли и неорганические примеси, которые при многократном повторении цикла «смачивание - испарение» формируют плотный минеральный слой. В результате на поверхности возникают характерные матовые пятна, кольцевые следы и зоны неравномерной прозрачности. Со временем налет уплотняется, смешивается с пылью, остатками дорожных реагентов и маслянистыми загрязнениями, вследствие чего приобретает более высокую химическую и механическую стойкость.

С позиции оптики водный камень представляет собой неоднородный поверхностный слой, изменяющий характер прохождения и отражения светового потока через стекло. Даже если толщина отложений невелика, они создают множество микроскопических границ раздела сред, на которых происходит дополнительное рассеяние света. Водитель в таких ситуа-

циях воспринимает не четкое изображение дорожной сцены, а световые ореолы, блики и размытые контуры объектов (рис. 1).

Рис. 1. Снижение обзорности в темное время суток при наличии водного камня

Следствием этого становится снижение контрастности видимой картины, увеличение времени распознавания препятствий и дополнительная нагрузка на зрительный анализатор. Представленный на рис. 1 пример наглядно показывает, что в ночных условиях загрязненная минеральными отложениями поверхность стекла резко ухудшает видимость транспортных средств, сигналов светофоров и границ проезжей части.

Определение наличия минеральных отложений должно проводиться не только после мойки автомобиля, но и в условиях направленного бокового освещения, позволяющего выявить слабые следы налета и микродефекты стекла. На ранних стадиях водный камень проявляется в виде локальных белесых пятен и участков, на которых вода после смачивания собирается неравномерно. На более поздней стадии поверхность приобретает выраженную матовость, а следы не исчезают даже после применения стандартных стеклоочистителей и бытовых моющих средств.

Проведенный анализ показывает, что водный камень на лобовом стекле автомобиля представляет собой сложный эксплуатационный дефект, имеющий одновременно химическую, механическую и оптическую природу. В связи с влиянием отложений на лобовом стекле на безопасность движения, борьба с водным камнем должна рассматриваться как элемент обеспечения безопасности дорожного движения, а не только как процедура косметического ухода за автомобилем.

УДК 621.113

ПЕТРОВ А.А., КУСТИКОВ А.Д., МОЛОДЦОВ И.М.

АНАЛИЗ ОТКАЗОВ РОБОТИЗИРОВАННЫХ ТРАНСМИССИЙ АВТОМОБИЛЕЙ FORD FOCUS

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Наиболее распространенным представителем роботизированных трансмиссий является коробка передач PowerShift DCT250, устанавливавшаяся на автомобили Ford Focus III. Конструктивно данная трансмиссия относится к преселективным коробкам передач с двойным сухим сцеплением. Она обеспечивает передачу крутящего момента через две независимые ветви, одна из которых обслуживает нечетные передачи, а другая – четные передачи и задний ход. Такая схема обеспечивает сокращение времени переключения, однако предъявляет

повышенные требования к состоянию узла сцепления, исполнительных механизмов и алгоритмов управления.

Практика эксплуатации показала, что при движении в городском цикле, для которого характерны частые трогания с места, повторяющиеся разгоны и торможения, а также длительная работа в переходных режимах, ресурс сухого двойного сцепления может существенно снижаться. Это приводит к появлению рывков, вибраций, задержек включения передач, перегрева и росту динамических нагрузок на элементы трансмиссии. В связи с этим особую актуальность приобретает задача определения рациональной периодичности контроля и замены сцепления на основе фактических данных эксплуатации.

Целью настоящей работы является анализ эксплуатационных проявлений дефектов коробки Power Shift DCT250 и определение обоснованной периодичности замены сцепления по критерию допустимого уровня безотказности. Для достижения поставленной цели рассмотрены особенности конструкции агрегата, систематизированы основные дефекты, собраны данные о пробегах автомобилей до проявления неисправностей и выполнен статистический расчет искомой периодичности.

Конструктивные особенности коробки передач PowerShift DCT250

Коробка передач DPS6/6DCT250 представляет собой 6-ступенчатую преселективную роботизированную трансмиссию с двойным сухим сцеплением и электронным управлением. Схема с двумя сцеплениями позволяет заранее подготавливать следующую передачу и тем самым уменьшать разрыв потока мощности при переключении. В то же время отсутствие масляной ванны для дисков сцепления повышает чувствительность узла к тепловым нагрузкам, износу накладок и корректности адаптационных параметров.

В состав трансмиссии входят два независимых сцепления, два первичных вала, выходные валы с ведомыми шестернями и синхронизаторами, вилки переключения, барабаны переключения передач, электродвигатели привода, а также электронный блок управления TCM. Одно сцепление обеспечивает передачу крутящего момента на 1-ю, 3-ю и 5-ю передачи, второе – на 2-ю, 4-ю, 6-ю передачи и передачу заднего хода. Такое разделение потоков мощности является базой для преселективного принципа работы.

Блок управления трансмиссией получает сигналы от датчиков положения педали акселератора, скорости движения, частоты вращения валов, температуры и положения исполнительных механизмов. На основе этих данных формируется команда на предварительный выбор следующей передачи и на управление моментом замыкания соответствующего сцепления. Нарушение точности работы исполнительной системы или отклонение параметров адаптации приводит к ухудшению плавности переключения, росту буксования и дополнительному тепловому нагружению фрикционных элементов.

С инженерной точки зрения наиболее уязвимым местом рассматриваемого агрегата является именно узел сухого двойного сцепления. В него входят ведущий диск с двухмассовым маховиком, нажимные диски, выжимные подшипники, диафрагменные пружины и рычаги включения сцепления. Для устойчивой работы данной системы требуется точная координация механической, электрической и программной частей трансмиссии. Поэтому даже при отсутствии грубых механических повреждений деградация характеристик фрикционных накладок или сбой адаптации может вызвать быстро прогрессирующее ухудшение работы коробки.

Основные эксплуатационные дефекты и причины снижения ресурса сцепления

По результатам анализа технической литературы, сервисной практики и сообщений владельцев автомобилей с рассматриваемой трансмиссией можно выделить несколько характерных групп дефектов, прямо или косвенно влияющих на ресурс сцепления и качество работы коробки передач.

К первой группе относится износ компонентов сцепления и сопряженных механических элементов. Частые циклы включения и выключения сцеплений в плотном городском потоке сопровождаются накоплением тепла в фрикционных накладках. Это вызывает ускоренный износ накладок, изменение коэффициента трения, рост вибраций и появление рывков

при трогании. На практике именно эта группа проявлений чаще всего становится основанием для адаптации сцепления либо для его замены.

Вторую группу составляют неисправности исполнительных механизмов и узлов переключения передач. Нарушение работы вилок, барабанов переключения, электродвигателей и приводов вызывает ошибки включения, затяжные переключения и несогласованность работы сцеплений. В результате возрастает проскальзывание, а фрикционные пары начинают работать в менее благоприятном режиме.

Третья группа связана с электронными и программными неисправностями. Сбои блока управления ТСМ, проблемы проводки, некорректные сигналы датчиков частоты вращения и температуры приводят к неправильному выбору момента включения сцепления и к нарушению алгоритма переключения. Даже при исправной механической части такие отклонения могут ускорить деградацию узла.

К четвертой группе относятся эксплуатационные факторы: частые пробки, резкие старты, длительное удержание автомобиля на уклоне с частичным замыканием сцепления, движение с перегрузкой и нерегулярное обслуживание. Для сухого двойного сцепления именно эксплуатационный режим во многом определяет фактический ресурс. Поэтому единый норматив, не учитывающий реальные условия движения, зачастую оказывается недостаточно точным.

Следовательно, определение рационального пробега до профилактической замены или как минимум до углубленного контроля сцепления должно базироваться не только на паспортных данных, но и на статистике фактических отказов. Такой подход позволяет увязать надежность узла с условиями эксплуатации и повысить обоснованность сервисных решений.

УДК 621.113

ПРИВАЛОВ И.В., РОМАНЮК И.Ю., МОРОЗОВА А.А.

ОРГАНИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПЕРЕВОЗОК ЖИДКОГО БЕТОНА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Транспорт играет ключевую роль в материальном производстве, обеспечивая своевременное перемещение грузов, необходимых для производственных процессов и конечного потребления. В сфере строительства одной из важных задач является организация эффективной и безопасной доставки жидкого бетона.

Транспортный процесс включает операции с грузами и транспортными средствами, обеспечивая изменение местоположения груза. Основная задача транспортной работы – перемещение грузов, что является важной частью производственного процесса. Транспортный процесс состоит из этапов погрузки, перевозки и разгрузки. Грузовые автомобильные перевозки включают погрузку, транспортировку и выгрузку материальных товаров.

Классификация грузовых автоперевозок

1. По отраслям: промышленные, строительные, сельскохозяйственные, торговые, коммунальные и прочие.
2. По характеру услуг: перевозки общего пользования (коммерческие) и ведомственным транспортом (некоммерческие).
3. По размеру партий груза: партионные и массовые перевозки.
4. По территориальному признаку: технологические, городские, пригородные, междугородные и международные перевозки.
5. По типу сообщения: прямого и комбинированного сообщения.

Характеристика жидкого бетона

Жидкий бетон – это строительная смесь в жидком состоянии, изготавливаемая на специализированных предприятиях и доставляемая к заказчику в автоцистернах. Данный раствор активно используется в различных сферах строительства, включая закладку фундаментов, возведение зданий и сооружений, создание мостовых опор и дорожных покрытий. Основные компоненты: цемент, песок, заполнители (гранит, гравий, известняк), добавки.

Типы жидкого бетона в зависимости от назначения:

1) обычный (стандартный): для фундаментов, опорных конструкций, перекрытий;
2) гидротехнический: для объектов с повышенной влагостойкостью (каналы, дамбы, подвалы);
3) для настилов и покрытий: для садовых дорожек, полов в гаражах, тротуаров;
4) специальный бетон: противорадиационные, жаропрочные, кислотостойкие составы.

Технические характеристики и классификация жидких бетонов регулируются ГОСТ 7473-2010.

Классификация жидких бетонов по признакам

- Назначение: классические, специальные, декоративные, теплозащитные, дорожные.
- Тип связующего: шлаки, известь, гипс.
- Тип наполнителя: искусственный (керамзит) или природный (песок, щебень, гравий).
- Структурный состав (плотность): особо лёгкие, лёгкие, облегчённые, тяжёлые, сверхтяжёлые.
- Степень твердения: естественного затвердевания, автоклавные.

Основные технические характеристики

- Прочность: зависит от пропорций компонентов, измеряется в мегапаскалях (МПа).
- Пластичность: способность принимать форму.
- Водонепроницаемость: устойчивость к проникновению воды.
- Жёсткость: сопротивление деформации.
- Морозоустойчивость: способность выдерживать циклы замораживания и оттаивания.
- Долговечность: срок службы материала.

Прочность бетона на сжатие напрямую зависит от состава смеси и её назначения. Марка продукции указывает на объем цемента в жидком составе. Бетонные составы марок М100–М150 используются для подготовительного слоя под фундамент, стяжек, тротуаров, а М250–М350 – для фундаментов, лестничных пролетов и мостовых конструкций. Составы марок от М400 и выше применяются в промышленном строительстве.

Сроки транспортировки регламентируются ГОСТ 7473-2010 и СНиП 3.03.01-87. Согласно нормативам, максимальное время доставки бетонной смеси зависит от нескольких факторов:

1. Температура окружающей среды:
   - летом (выше +20°C) – не более 1 часа (из-за быстрого испарения воды и ускоренного схватывания),
   - весной/осенью (+10…+20°C) – до 1,5 часов,
   - зимой (ниже +5°C) – до 2 часов (при использовании противоморозных добавок).
2. Марка бетона
   - М100-М200 (подвижные смеси) – можно перевозить дольше (до 2 часов при +20°C),
   - М300-М500 (высокомарочные составы) – требуют быстрой доставки (обычно до 1 часа).

Чтобы бетон не потерял свои свойства, производители и перевозчики используют несколько методов, перечисленных далее.

1. Добавление пластификаторов

Специальные присадки замедляют схватывание и увеличивают подвижность смеси. Это позволяет перевозить бетон на большие расстояния (до 3-4 часов).

2. Контроль скорости вращения миксера
   - При загрузке и разгрузке – 12-15 об/мин (интенсивное перемешивание).
   - В пути – 1-2 об/мин (поддержание однородности).

3. Утепление в холодное время года

Если температура ниже +5°С, бетоновозы оборудуются подогревом, а в смесь добавляются противоморозные компоненты.

3. Разновидности АТС

Для транспортировки товарных бетонных и растворных смесей на расстояния свыше 1 км от смесительных установок и заводов до строительных площадок применяются специализированные автотранспортные средства на базе грузовых шасси:

- автобетоносмесители;
- автобетоновозы;
- авторастворовозы.

Для перемещения бетонных и растворных смесей на короткие расстояния внутри строительных объектов наиболее эффективно используются трубные транспортные средства, такие как бетононасосы и растворонасосы.

Авторастворовозы предназначены для транспортировки строительных растворов с различной подвижностью. В пути следования раствор перемешивается, предотвращает расслоение. Автобетоновозы применяют для перевозки товарных бетонных смесей на расстояния до 10км. Кузов наклоняется назад при разгрузке. Используется вибратор с гидравлическим приводом для выгрузки смеси.

Автобетоносмесители предназначены для транспортировки и приготовления бетонных смесей в процессе движения.

Преимущества: приготовление смеси в пути, транспортировка готового бетона, перемешивание в пути и подача смеси. Главный компонент – вращающийся барабан с лопастями.

Автобетононасосы предназначены для подачи свежеприготовленной бетонной смеси к месту укладки в строительных проектах, особенно при возведении монолитных конструкций и железобетонных сооружений. Эти машины играют ключевую роль в строительстве высотных зданий, мостов, туннелей, плотин и других объектов, где требуется подача бетона на большие высоты или в труднодоступные места. Оборудованы шарнирно-сочлененной стрелой.

4. Особенности перевозки жидкого бетона

Для качественной транспортировки бетонного раствора учитывают возможность расслоения материала и защищают раствор от воздействия прямых солнечных лучей и осадков. Транспортировка включает в себя правильно подобранный транспорт, сохраняющий свойства груза. Перевозку осуществляют без дополнительных перегрузочных пунктов, учитывая дальность перевозки.

Перевозку проводят согласно ГОСТ 7473-2010:

- учитывают характеристики бетона,
- запрещается перевозить груз навалом,
- соблюдают допустимое время перевозки,
- учитывают время перевозки на пористых заполнителях (не более 50 минут),
- транспортируют с минимальным количеством перегрузочных пунктов.

5. Меры по обеспечению безопасности транспортировки жидкого бетона

Правила перевозки бетона установлены ГОСТом 7473-2010.

Перечислим основные правила.

1. Перевозка раствора допускается только в специализированных видах транспорта (бетоносмесители и бетоновозы).
2. Защита от осадков, обветривания и прямых солнечных лучей.
3. Запрет на введение в раствор дополнительных жидкостей, цемента и добавок без согласования.
4. Согласование периодичности поставки и габаритов транспортных средств с заказчиком заранее.
5. Проверка грузового транспорта на наличие необходимых документов и технических норм.

6. Поддержание оптимальной температуры и влажности при транспортировке.
7. Проверка плотности крышки емкости для исключения утечек.
8. Обеспечение использования средств индивидуальной защиты (СИЗ).
9. Соблюдение ПДД и контроль технического состояния транспорта.
10. Регулярная проверка оборудования для грузоперевозок.

6. Подбор водителей

Перечислим требования к водителям, перевозящим жидкий бетон.

1. Образование и квалификация:
- Водительское удостоверение категории "C" или "B";
- Спец. обучение для работы с автобетоносмесителями (внутренние инструкции).

2. Опыт работы: минимальный стаж вождения на грузовом транспорте устанавливается работодателем.

3. Медицинские требования:
- Предрейсовый медосмотр;
- Ежегодный медицинский осмотр.

4. Дополнительная подготовка:
- Обучение управлению специализированной техникой (Приказ Минтранса РФ № 7);
- Практическое владение механизмами загрузки, перемешивания и выгрузки бетона.

5. Знание норм безопасности: соблюдение ПДД и норм безопасности труда (Федеральный закон № 116).

6. Навыки управления: умение маневрировать, знание маршрутов, учет времени схватывания бетона.

Необходимые документы: водительское удостоверение, медицинская справка, путевой лист, сертификаты обучения.

7. Режим труда и отдыха водителей

Режим труда и отдыха водителей регулируется Приказом Министерства транспорта РФ от 12.01.2022 г. № 424 .

Основные положения:
- нормальная продолжительность рабочего времени – не более 40 часов в неделю;
- при суммированном учете рабочего времени продолжительность ежедневной работы (смены) не может превышать 10 часов;
- рабочее время включает время управления автомобилем, специальные перерывы и время работы, не связанной с управлением;
- максимальное время управления автомобилем за 24 часа – 9 часов (до 10 часов, но не более двух раз в неделю);
- каждые 4 часа 30 минут управления автомобилем – специальный перерыв не менее 45 минут.;
- еженедельный отдых – не менее 45 часов.

Информация о графике труда и отдыха сообщается за месяц. Водители по найму ежегодно проходят двухнедельную переподготовку.

Перевозка жидкого бетона требует серьезного подхода, использования специализированных технологий и соответствующих транспортных средств. В условиях высокой интенсивности строительных работ и необходимости быстрой доставки бетона на строительные объекты транспортировка жидкого бетона становится обязательной и незаменимой частью этого процесса. Важно постоянно совершенствовать методы перевозки и использовать современные транспортные средства.

Библиографический список

1. Приказ Минтранса России от 16.10.2020 N 424 (ред. от 12.01.2022) "Об утверждении Особенностей режима рабочего времени и времени отдыха, условий труда водителей автомобилей" (Зарегистрировано в Минюсте России 09.12.2020 N 61352).

2. ГОСТ 7473-2010 Смеси бетонные. Технические условия (с поправкой от 12.09.2019)
3. ГОСТ 25192-2012 Бетоны. Классификация и общие технические требования
4. Трудовой кодекс РФ принят Государственной Думой 21 декабря 2001 года. Одобрен Советом Федерации 26 декабря 2001 года. (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2023) ст. 56, 57, 65.
5. Постановление Правительства РФ от 16.02.2008 № 87 "О требованиях к перевозке опасных грузов автомобильным транспортом".
6. Федеральный закон от 10.01.2003 № 15-ФЗ "Об автомобильном транспорте и о дорожном движении".
7. ГОСТ 10181-2014 Смеси бетонные. Методы испытаний.
8. Федеральный закон "Устав автомобильного транспорта и городского наземного электрического транспорта" от 08.11.2007 N 259-ФЗ принят Государственной Думой 18 октября 2007 года. Одобрен Советом Федерации 26 октября 2007 года.
9. ГОСТ 27339-2016 автобетоносмесители. Общие технические условия.
10. ГОСТ 27336-2016 автобетононасосы. Общие технические условия.

УДК 656.033

РОМАНЮК Ю.И., БЕРНИКОВ Л.А., ГРИШИН Я.А.

ПЕРЕВОЗКА МОЛОКА В ЦИСТЕРНЕ НА ЗАВОД

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Перевозки молока в цистерне на завод является важным этапом обеспечением хранения и транспортировки свежего молока с соблюдением санитарных, технологических требований и регламентов по обеспечению качества продукции. Это обеспечивает сохранность питательных свойств молока и безопасность конечного продукта для потребителей.

Машина для перевозки молока – это не просто транспорт, а продолжение технологической линии. Ее основная задача – доставить продукт без изменения его санитарно-гигиенических и температурных параметров, как это было на момент загрузки. Специализированные автомобили, предназначенные исключительно для перевозки пищевых жидкостей, в основном молока. Их ключевая особенность – цистерна из нержавеющей стали марки AISI 304 (пищевая).

Основные требования к цистерне ГОСТ 33889-2016 "Цистерны для хранения и перевозки молока. Технические условия".

1. Материал: Внутренняя поверхность всегда изготавливается из высококачественной нержавеющей пищевой стали. Она инертна, не вступает в реакцию с молоком, легко моется и дезинфицируется.

2. Термоизоляция: Цистерна имеет двойные стенки с вакуумной или иной изоляцией, как у термоса. Это позволяет поддерживать температуру молока на уровне +2…+4°C на протяжении многих часов, даже в жаркую погоду.

3. Герметичность: Резервуар полностью закрыт от внешней среды, чтобы исключить попадание пыли, микробов и посторонних запахов.

Подготовка к рейсу должна соответствовать ГОСТу 31983-2013 "Транспортирование молочных продуктов. Общие технические условия".

Прежде чем отправиться на ферму, цистерна проходит обязательную санитарную обработку. Это многоэтапный процесс, который часто строже, чем на фармацевтических производствах.

- Промывка: сначала цистерна промывается большим количеством теплой воды, чтобы удалить остатки предыдущей партии молока.

- Мойка с моющими средствами: используются специальные щелочные и кислотные растворы, которые растворяют молочный жир и белковые отложения.
- Дезинфекция: внутренняя поверхность обрабатывается дезинфицирующими средствами, убивающими все микроорганизмы.
- Ополаскивание: финишное ополаскивание чистой питьевой водой удаляет следы химикатов.
- После мойки инспектор или водитель-механик проверяет чистоту визуально.

Правила перевозки строго регламентированы и соответствуют СанПиН 2.3.2.3632-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к предприятиям пищевой промышленности, условиям труда, транспортировке, хранению и реализации пищевой продукции»:

- запрещены длительные простои на солнцепеке.
- средняя скорость движения ограничена, чтобы минимизировать взбалтывание продукта.
- время от момента загрузки до разгрузки на заводе должно быть минимальным.

По прибытии на молокоперерабатывающий завод цистерна взвешивается на автомобильных весах (сначала брутто, затем, после слива, тара). Это определяет точное количество принятого молока.

Медицинская книжка водителю не нужна, если он не занимается наливом/сливом молока, отбором проб. Экспедитор обязан иметь медицинскую книжку, если он: осуществляет подключение шлангов для налива/слива молока; контролирует процесс погрузки и выгрузки продукции; подписывает сопроводительные документы, связанные с качеством продукта.

Перевозка молока в цистернах – это высокотехнологичный логистический процесс. От слаженной работы водителей, лаборантов и технологов зависит, дойдет ли до потребителя полезный и безопасный продукт. Транспортировка молока занимает важное место в современном аграрном и пищевом производстве, поскольку от ее эффективности зависит сохранность сырья, качество продукции и безопасность потребительской продукции.

Библиографический список

1. ГОСТ 31983-2013 "Транспортирование молочных продуктов. Общие технические условия"
2. ГОСТ 33889-2016 "Цистерны для хранения и перевозки молока. Технические условия"
3. СанПиН 2.3.2.3632-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к предприятиям пищевой промышленности, условиям труда, транспортировке, хранению и реализации пищевой продукции»

УДК 629.33.066.5

РУСЯЕВ В.О., ГОЛУБЕВА М.В.

ДЕЙСТВИЕ ЗАКОНА РЭЛЕЯ В АВТОМОБИЛЬНОЙ СВЕТОТЕХНИКЕ: АНАЛИЗ ПРИМЕНИМОСТИ К УСЛОВИЯМ ТУМАНА И ОСАДКОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Среди автомобилистов бытует устойчивое мнение: жёлтые противотуманные фары светят в непогоду лучше белых, потому что длинные волны меньше подвержены рэлеевскому рассеянию на каплях воды. Однако эта красивая теория рассыпается при столкновении с реальными размерами капель тумана.

Классическое рэлеевское рассеяние описывает взаимодействие света с частицами, размер которых значительно меньше длины волны излучения [1]. Математически эта зависимость выражается формулой, где интенсивность рассеянного света обратно пропорциональна

четвёртой степени длины волны. Для синего света с длиной волны 450 нм рассеяние оказывается почти в шесть раз сильнее, чем для красного с длиной 700 нм (рис.1).

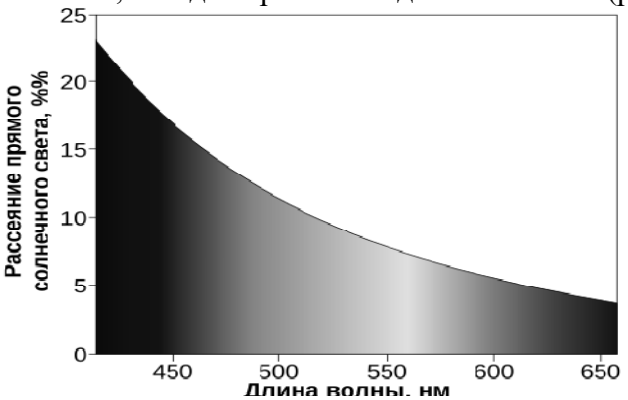


Рис. 1. Классическое Рэлеевское рассеяние

На первый взгляд, перенос этой логики на автомобильные фары кажется безупречным: ставим жёлтый светофильтр, обрезаем синюю часть спектра, и свет меньше рассеивается на каплях тумана, уходя дальше вперёд, а не возвращаясь в глаза водителю ослепляющей пеленой.

Ключевое ограничение закона Рэлея кроется в условии его применимости - частицы должны быть существенно меньше длины волны. Длины волн видимого света лежат в диапазоне 0,4-0,7 микрометра (рис. 2). А теперь посмотрим на капли тумана. Даже в самом мелкодисперсном радиационном тумане размер капель составляет 1-5 микрометров, а в плотном адвективном - 10-20 микрометров и более [3]. Это означает, что размер рассеивающих центров не просто сравним с длиной волны, а превосходит её в несколько раз, иногда на порядок.

Рис. 2. Длина волн видимого света

В рассеянии Густава Ми зависимость интенсивности рассеяния от длины волны становится крайне слабой - показатель степени при λ падает с четвёртой до первой или вовсе до нуля (рис. 3). Иными словами, туману практически безразлично, какого цвета свет через него проходит: синий, жёлтый или белый - рассеиваться они будут с сопоставимой интенсивностью. Небольшая разница, безусловно, существует, но она измеряется единицами процентов и не имеет практического значения для водителя.

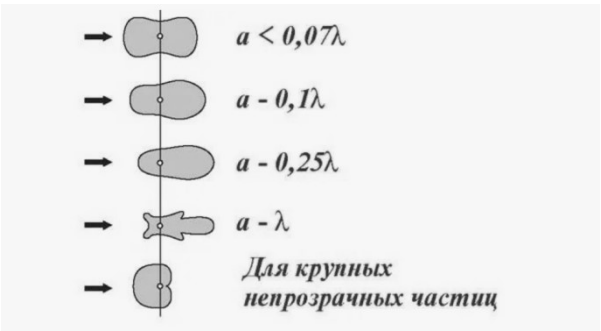


Рис. 3. Индикатрисы рассеяния на частицах разных размеров

Главным врагом видимости в тумане оказывается не рассеяние, а общее ослабление светового потока из-за многократного отклонения лучей от прямой траектории.

Жёлтый свет, лишённый синей компоненты, воспринимается глазом как более «спокойный», а объекты на дороге кажутся более контрастными. Это чисто психофизиологический эффект, не имеющий отношения к рассеянию на каплях.

Действие закона Рэлея в автомобильной светотехнике - это классический пример того, как красивая физическая теория, применённая не по адресу, порождает устойчивое и широко распространённое заблуждение. В условиях реального тумана размер капель выводит взаимодействие света с веществом далеко за границы применимости рэлеевского приближения [2].

Современная светотехника решает проблему видимости в непогоду не сменой цвета лампочки, а принципиально иными методами: резкой светотеневой границей противотуманных фар, их низким расположением (свет идёт в тонкую прослойку чистого воздуха у самой дороги), а в премиальном сегменте - адаптивными матричными системами, способными в реальном времени «вырезать» световой пучок из зоны тумана перед автомобилем (рис.4).

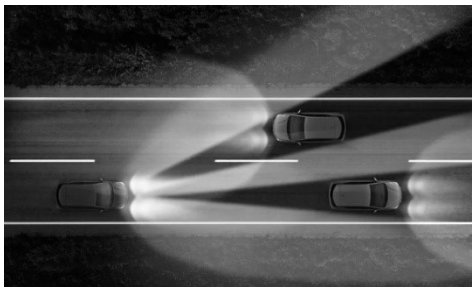


Рис. 4. Матричные фары

Таким образом, применение закона Рэлея к описанию работы автомобильных фар в тумане является методологической ошибкой, порождающей устойчивый, но физически необоснованный миф о преимуществе жёлтого света.

Библиографический список

1. Дейрменджан Д. Рассеяние электромагнитного излучения сферическими полидисперсными частицами / Пер. с англ. К.С. Шифрина. – М.: Мир, 1971. – 290 с.
2. Дьяконов М.Н., Карапетьян В.Ю. Автомобильные световые приборы и безопасность дорожного движения. – М.: Транспорт, 1991. – 212 с.
3. Мак-Картни Э. Оптика атмосферы. Рассеяние света молекулами и частицами / Пер. с англ. В.В. Новикова; под ред. К.Я. Кондратьева. – М.: Мир, 1979. – 424 с.

УДК 629.113.014

РЫБАКОВ И.А., УРЯДОВ А.С., САФАРОВ Р.Г.О., МАКАРОВ Е.Н., БЕРДНИКОВ Л.А.

ОБРАБОТКА КУЗОВА АВТОМОБИЛЯ С ПОМОЩЬЮ MS-ПОЛИМЕРНОГО ГЕРМЕТИКА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Процесс коррозии, в российских условиях эксплуатации, неизбежно начинается на каждом автомобиле. Даже оцинкованный металл со временем начинает корродировать. Причина этому – пескоструйное воздействие на поверхности днища и арок автомобиля.

Коррозия металлов начинается из-за химического или электрохимического взаимодействия металла с окружающей средой. Суть процесса – окисление атомов металла под воздей-

ствием кислорода воздуха, влаги, кислот, солей и других агрессивных веществ. Эксплуатационные условия центральной части Российской Федерации являются довольно агрессивными для кузовных панелей автомобиля. Умеренная влажность воздуха, дожди, дорожные реагенты в зимнее время года пагубно воздействуют на автомобиль. [1]

Процесс коррозии на днище автомобиля начинается с пескоструя поверхности металла и постепенного истирания защитного слоя, нанесенного на днище, с последующим химическим взаимодействием металла с окружающей средой. Рассмотрим этот процесс на примере оцинкованного кузова автомобиля. Цинк образует гальваническую пару со стальными кузовными элементами, в которых цинк – более активный металл. Далее образуются небольшие очаги коррозии черного цвета. Далее начинается активная фаза коррозии, во время которой очаг увеличивает свою площадь, появляется ржавчина.

Последний этап – завершение коррозии. Металл теряет свою целостность, перестает окисляться. Кузовной элемент подлежит замене.

Во избежание пагубного воздействия коррозии на кузов автомобиля, мною был найден метод нанесения распыляемого MS-полимерного герметика на поверхности днища.

Герметик выступает в качестве демпфирующего слоя, отражая летящий на днище в процессе эксплуатации автомобиля пескоструй, тем самым, сохраняя защитное покрытие в целостности. [2]

Сравним данный вид защитного покрытия с заводским покрытием автомобиля Toyota-MarkIIVII поколения. Осматривая днище и арки автомобиля можно заметить, что помимо заполнения швов стыкуемых плоскостей несъемных кузовных элементов, большая часть поверхности днища и арок автомобиля была покрыта напыляемым герметиком, исходя из чего можно сделать вывод, что герметик был нанесен не только с целью герметизации швов, но и с целью защиты цинкового покрытия на поверхности днища от негативного воздействия окружающей среды. В годы выпуска этого автомобиля не существовало MS-полимерного герметика, завод-изготовитель использовал PVC герметик (герметик на основе поливинилхлорида). Эти герметики различаются между собой по некоторым эксплуатационным свойствам.

- Адгезия. MS-полимерный герметик имеет более высокую адгезию в сравнении с PVC герметиком, также имеет расширенный спектр материалов поверхностей для нанесения, и допускает нанесение без предварительного грунтования. [3]
- Эластичность. PVC герметик со временем теряет свою эластичность и становится жестким, в свою очередь, MS-полимерный герметик имеет высокую долговременную эластичность, выдерживает многократные деформации без разрывов, что особенно важно для поверхностей днища автомобиля.
- Устойчивость к ультрафиолету. PVC герметик устойчив к УФ-излучению, но, со временем разрушается под его воздействием. MS-полимерный герметик имеет исключительную стойкость к ультрафиолету.

После очистки поверхности днища и арок пескоструем, было обнаружено, что в некоторых местах под слоем герметика находились очаги коррозии разной степени развития и размеров. Но, тем не менее, большая часть напыляемого герметика сохраняла свою целостность, и при удалении слоя герметика, под ним находился металл без очагов коррозии, из чего можно сделать вывод, что напыляемый герметик в качестве защитного покрытия оказался работоспособен [4].

Далее описан процесс нанесения напыляемого MS-полимерного герметика в условиях, отличных от условий завода изготовителя.

1.Подготовка поверхности [5]

Поверхность была зашлифована абразивом градации Р240 для лучшей адгезии с грунтом-изолятором, обезжирена и высушена.

2. Нанесение грунта – изолятора. [6]

Основная функция грунта-изолятора в нашем случае – создание защитной пленки между поверхностью подготовленного металла и окружающей средой, так как металл после пескоструйной обработки быстро окисляется. В качестве изолирующего грунта был выбран

двухкомпонентный кислотный грунт Mipa 2KAktivprimer (произв. Германия). Наносится грунт согласно рекомендации изготовителя: грунт смешивается с отвердителем MipaHarterWPZ в пропорции 2:1, распыляется профессиональным краскопультом с дюзой 1.4 мм, давлением распыления 2 атм., при температуре окружающего воздуха 20ºС и относительной влажности воздуха 40%.

Грунт наносится в 1 слой, толщина сухого покрытия составляет 15 мкм. Высыхает в течение 12 часов при температуре окружающего воздуха 20ºС.

3. Нанесение акрилового грунта [7]

Необходимость в нанесении акрилового грунта обусловлена тем, что кислотный грунт не является самостоятельным покрытием, и нуждается в последующем грунтовании. Акриловый грунт образует адгезионную прослойку между кислотным грунтом и герметиком.

После обезжиривания и высыхания поверхности, наносится акриловый грунт JetaPRO 4:1 5553 (произв. Россия). Наносится грунт согласно рекомендации изготовителя: - грунт смешивается с отвердителем JetaPRO 5553 HRD в пропорции 4:1, а также с разбавителем акриловым Р-12 для достижения вязкости рабочей смеси 35-40 с, Ford 4/20ºС. Распыляется профессиональным краскопультом с дюзой 1.6 мм, давлением распыления 2 атм., при температуре окружающего воздуха 20ºС и относительной влажности воздуха 40%. Грунт наносится в 3 слоя с межслойной сушкой 1 час при 20ºС, толщина сухого покрытия составляет 200 мкм. Высыхает в течение 3.5 часов при температуре окружающего воздуха 20ºС.

4. Подготовка поверхности к нанесению герметика.

Для лучшей адгезии герметика к акриловому грунту, последний шлифуется в два этапа:

1) ручная шлифовка с применением абразива Р240,

2) ручная шлифовка с применением абразива Р400

После завершения шлифовки поверхность обеспыливается, обезжиривается и высушивается.

5. Нанесение напыляемого герметика. [8]

В качестве напыляемого MS-полимерного герметика был выбран USEALSpray-Simp (произв. Италия). Герметик наносится с помощью профессионального пистолета для нанесения напыляемого герметика, приводящегося в действие от сжатого воздуха. Материал наносится равномерным слоем толщиной 2 мм по всей поверхности элеменья. Первичная полимеризация (образование пленки) наступает через 30 минут при температуре окружающего воздуха 23ºС и относительной влажности 50%. Время полной полимеризации зависит от толщины слоя герметика, и составляет 1 мм толщины покрытия за 24 часа.

Таким образом, напыляемый герметик (PVC) показал отличные эксплуатационные свойства, и сохранял свою работоспособность на протяжении большого срока (30 лет). MS-полимерный герметик, исходя из сравнения с PVC герметиком, показал значительно лучшие эксплуатационные свойства, и исходя из этого можно предположить, что, даже при нанесении напыляемого герметика в незаводских условиях, защитное покрытие должно прослужить несколько десятилетий. При внедрении такой технологии антикоррозийной обработки автомобилей в отечественные автопарки, можно значительно увеличить срок службы кузовов автомобилей, тем самым снизив расходы на частое обновление подвижного состава вследствие коррозионного износа кузова.

Библиографический список

1. Фадеев И.В. Исследование влияния компонентов агрессивной среды дорожного полотна на коррозию днища кузова легкового автомобиля: дис. … канд. техн. наук. – Москва, 2010. – 223 с.

2. Graco. Герметизация швов автомобиля.

3. Аргарус. Гибридные клеи и герметики на основе MS полимера.

4.Mercasol. Обработка днища от коррозии пескоструем: нужно или нет? – 2023.

5.Haynes. Ремонт лакокрасочного покрытия автомобиля – 2009.

6. Mipa. Технический паспорт продукта: 2K Aktivprimer..
7. Jeta PRO. Технический паспорт продукта: Акриловый грунт 4:1 5553.
8. USEAL. Технический паспорт продукта: Напыляемый MS-полимерный герметик Spray-Simp.

УДК 665.7

САФАРОВ Р.Г.О., РЫБАКОВ И.А, БЕРДНИКОВ Л.А.

ИЗУЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ТОПЛИВА НА АЗС В НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева

Качество автомобильного топлива является ключевым фактором, определяющим эффективность работы, ресурс двигателя и уровень экологических выбросов транспортного средства. В условиях ужесточения экологических норм и роста требований к экономичности контроль над соответствием топлива установленным стандартам приобретает особую значимость. Целью настоящей работы является оценка фактического качества топлива, реализуемого на различных автозаправочных станциях (АЗС) Нижнего Новгорода и области, на основе инструментальных замеров ключевых показателей.

Исследование проводилось путём отбора проб и последующего анализа на кафедре. Важно отметить, что данные полученные в результате эксперимента предоставляют ознакомительную информацию по качеству топлива. Информация не является источником 100% достоверности о качестве топлива, её можно получить в специализированных лабораториях.

Объектами исследования стали образцы бензина марок АИ-92, АИ-95, АИ-100 и дизельного топлива (ДТ), отобранные на АЗС, принадлежащих крупным сетевым операторам (Красная заправка, Синяя заправка, и региональным терминалам в различных районах г. Нижний Новгород, а также в городах Кстово, Дзержинск и селе Вознесенское. Основными контролируемыми параметрами стали: плотность, исследовательское (ИОЧ) и моторное (МОЧ) октановые числа для бензина, цетановое число для ДТ, температура топлива в момент отбора пробы. Для анализа были отобраны образцы топлива с ряда АЗС, представленных крупными сетевыми операторами и региональными терминалами. Результаты лабораторных испытаний представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты испытаний образцов топлива

№ п/п	Место отбора АЗС	Вид топлива	Плотнотность	ИОЧ	МОЧ	Цетановое число	Температура
1	АЗС в с. Вознесеноское	АИ-92	0,727	82	78,1		21,4
2	Синяя заправка	АИ-92	0,731	104,9	94,9		20,5
2		АИ-95	0,732	106	96		20,1
2		ДТ				42,3	22,8
3	Красная заправка	АИ-100	0,741	115,1	105,6		19,9
4	Красная заправка г. Кстово	АИ-95+	0,727	106	96,2		20,3
5	Синяя заправка	АИ-95	0,732	102,7	93,4		19,5
6	Синяя заправка г. Дзержинск	АИ-95	0,732	102,3	92,8		19,6
7	Синяя заправка+	АИ-95	0,733	98	88		
8	Синяя заправка	АИ-95+	0,737	103,2	93,9		19,4
8		ДТ	0,831			57,2	21,3
9	Красная заправка +	АИ-95	0,73	100,4	90,6		19,6
10	Красная заправка	АИ-95+	0,735	103,4	94,2		21,4
11	Красная заправка	АИ-92	0,732	104,7	95,7		20

Анализ результатов

1. **Бензин АИ-92:** Выявлено критическое несоответствие на АЗС в с. Вознесенское, где ИОЧ (82,0) и МОЧ (78,1) ниже минимальных требований ГОСТ Р 51105-97 (ИОЧ не менее

82,5). Использование такого топлива провоцирует детонацию и износ двигателя. В то же время образцы АИ-92 с АЗС на Красной АЗС в Ленинском р-не г. Нижний Новгород демонстрируют высочайшее качество, существенно превышающее базовые нормы.

2. **Бензин АИ-95 и премиум-сорта:** Наблюдается значительный разброс показателей. Но самым качественным является АИ-95 Красной заправка в г. Кстово.

- Большинство проб, особенно брендированных соответствуют или превышают нормы (ИОЧ ≥95). Лидером по стабильно высоким показателям являются АЗС Красной сети.
- **Выявлено грубое несоответствие** на одной из АЗС в верхней части города ИОЧ 98,0 и МОЧ 88,0 не соответствуют классу АИ-95.

3. **Бензин АИ-100 (ЛУКОЙЛ):** Показатели (ИОЧ 115,1, МОЧ 105,6) полностью соответствуют заявленному высокому классу.

4. **Дизельное топливо:**

- Образец с АЗС в Ленинском р-не имеет низкое цетановое число (42,3), что находится на минимальном пороге нормы по ГОСТ Р 52368-2005 и может ухудшать пусковые свойства.
- Образец с Синей АЗС в Сормовском р-не отличается отличным качеством (цетановое число 57,2).

Проведённое исследование выявило значительную неоднородность в качестве топлива на АЗС региона. Наряду с точками, реализующими топливо высокого и сверхнормативного качества (преимущественно сетевые АЗС с премиальными линейками), существуют объекты, где продаётся топливо, не соответствующее заявленному классу, что представляет риск для двигателей транспортных средств.

На основании полученных результатов сформулированы следующие рекомендации.

1. Для потребителей: при выборе АЗС целесообразно отдавать предпочтение крупным сетевым станциям, особенно при заправке премиальными видами топлива. Следует избегать заправки на объектах с сомнительной репутацией, особенно в отдалённых районах.
2. Для контролирующих органов (Роспотребнадзор, Росстандарт): усилить выборочный контроль качества топлива на АЗС, показавших неудовлетворительные результаты – отдаленные АЗС в Нижегородской области, а также АЗС в верхней части города.
3. Для владельцев автотранспорта: в случае возникновения симптомов использования некачественного топлива (детонация, потеря мощности, повышенный расход) сохранять чек и образец топлива для последующего обращения с претензией.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 51105-97 Топлива для двигателей внутреннего сгорания. Неэтилированный бензин. Технические условия.
2. ГОСТ Р 52368-2005 (ЕН 590) Топливо дизельное. Технические условия.
3. ГОСТ Р 58404-2019 (ЕН 228) Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия.
4. Методики контроля качества нефтепродуктов в условиях АЗС.

УДК 629.113

СТРЕЛЬНИКОВ В.М., КУЛАГИН Л.А., ПОМЕЛОВ Ф.П.

АНАЛИЗ И ВЫЯВЛЕНИЕ НАИБОЛЕЕ НЕНАДЕЖНОГО КОНСТРУКЦИОНОГО ЭЛЕМЕНТА У ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ EVOLUTEI-PRO ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ В ГОРОДСКИХ УСЛОВИЯХ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Современные крупные города Российской Федерации создают значительную нагрузку на автотранспортную инфраструктуру, что в свою очередь приводит к регулярным заторам, а также повышению уровня загрязнения и запыленности дорожного полотна. В настоящее

время продвигается тренд, связанный с глобальным переходом к экологически чистому транспорту, что приводит к появлению новых версий электромобилей, таких как Evolute i-PRO. Данная модель транспортного средства нашла широкое применение в таксомоторных предприятиях.

Существующие на рынке электромобили существенно отличаются от традиционных легковых автомобилей с двигателем внутреннего сгорания не только по принципу действия, но и по структуре отказов. Их конструкция включает высоковольтные аккумуляторы, электроприводы, силовую электронику и сложные управляющие системы, что формирует уникальные эксплуатационные риски.

Практическая значимость исследования обусловлена необходимостью повышения уровня безотказности электромобиля Evolute i-PRO в условиях интенсивной городской эксплуатации.

Исследование проводилось на основе данных об отказах электромобилей марки Evolute i-PRO, эксплуатируемых в таксомоторном предприятии в городе Нижнем Новгороде (III категория условий эксплуатации). Городская эксплуатация проходит в сложных условиях: низкой средней скорости движения, повышенных температурных нагрузок и частых простоев в пробках.

Для анализа была применена методика системной классификации отказов. На первом этапе построена диаграмма распределения неисправностей по основным узлам: 1 – рулевое управление; 2 – тормозная система; 3 – электродвигатель и батарея; 4 – ходовая часть; 5 – электрооборудование и электроника (рис. 1). После чего проведен детальный разбор наиболее проблемной системы – ходовой части (рис. 2), где разобраны поломки, связанные: 1 – амортизаторы/стойки; 2 – ступичный подшипник; 3 – шаровые опоры; 4 – рычаги подвески (включая сайлент-блоки); 5 – пружины/стабилизаторы поперечной устойчивости.

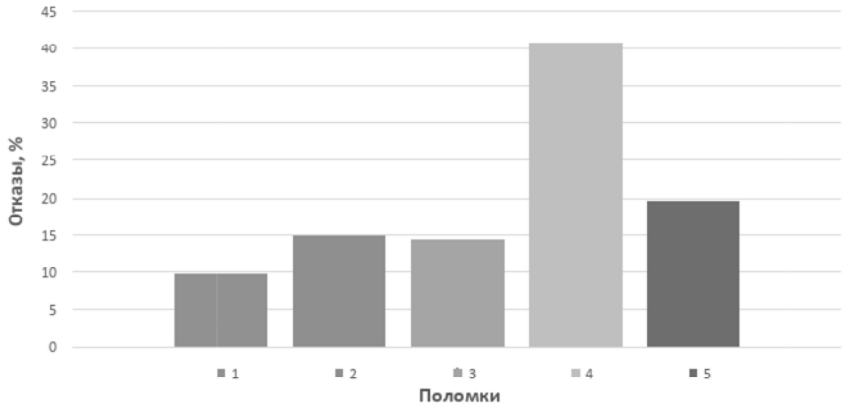


Рис. 1. Диаграмма распределения отказов для автомобиля Evolutei-PRO при эксплуатации в городских условиях условиях

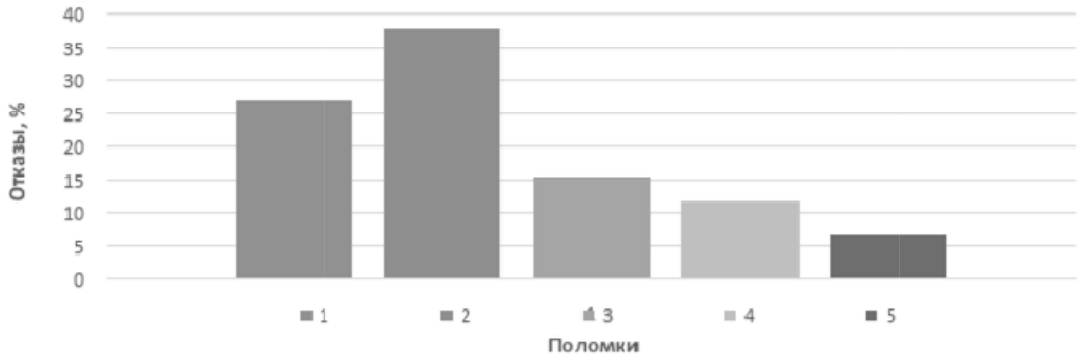


Рис. 2. Диаграмма распределения отказов в ходовой части автомобиля Evolutei-PRO при эксплуатации в городских условиях

Проанализировав обе диаграммы, можно сделать вывод, что наиболее ненадежный узел в электромобиле Evolutei-PRO – ходовая часть. В свою очередь, наибольшее число отказов в ходовой части транспортного средства выявлено у ступичного подшипника (37,95%). Стоит оговориться, что речь идет о переднем ступичном подшипнике, потому что, именно, он подвержен более интенсивному износу, в связи с высоким крутящим моментом у электродвигателя, а также требует проработки инженерного решения для повышения ресурса.

Библиографический список

1. **Корчажкин М.Г.,** Кузьмин Н.А., Кустиков А.Д. Совершенствование нормативов технической эксплуатации городских автобусов // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2012. - №4(97). – С. 168-174.
2. **Кузьмин, Н.А.** Проблемы надёжности трансмиссий городских автобусов // Н.А.Кузьмин, А.Д. Кустиков. – Автотранспортное предприятие, 2013, №8. – С. 39-42.
3. **Кузьмин Н.А.**, Кустиков А.Д. Исследование долговечности работы агрегатов трансмиссий городских автобусов // Безопасность транспортных средств в эксплуатации: Материалы 79-ой научно-технической конференции. – Н. Новгород: НГТУ, 2012. – С. 12-13.
4. **Кузьмин Н.А.**, Борисов Г.В. Научные основы процессов изменения технического состояния автомобилей: монография. - Н.Новгород: Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева, 2012. – 270 с.
5. **Кузьмин Н.А.**, Кустиков А.Д. Проблемы надёжности трансмиссий городских автобусов // Автотранспортное предприятие. – 2013. - №8. – С. 39-42.
6. **Кустиков, А.Д.** Повышение долговечности рулевых реек путем корректирования периодичности замены масла / А.Д. Кустиков, Н.А. Кузьмин, Г.В. Борисов – Оренбург: Интеллект. Инновации. Инвестиции №6, 2022. - С. 79 - 87.
7. **Кустиков А.Д.** Обоснование корректирования периодичности обслуживаний коробок передач автобусов для условий дорог с переменным продольным профилем: Дис. … канд. техн. наук. – Н.Новгород: НГТУ, 2015. –176 с.

УДК 629.113

СТРЕЛЬНИКОВ В.М., КУЛАГИН А.Л., ПОМЕЛОВ Ф.П.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕАЛЬНОГО ПРОБЕГА, ПРИ КОТОРОМ ПРОИСХОДИТ НАИБОЛЬШЕЕ КОЛИЧЕСТВО ОТКАЗОВ СТУПИЧНОГО ПОДШИПНИКА ВО ВРЕМЯ ИНТЕНСИВНОЙ ГОРОДСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ЭЛЕКТРОМОБИЛЕ EVOLUTEI-PRO

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Ступичный подшипник играет важную роль в обеспечении безопасной эксплуатации транспортного средства, особенно в условиях интенсивного городского движения. На примере электромобиля Evolute i-PRO было установлено, что данный узел подвергается комплексному воздействию негативных факторов, включая циклические нагрузки при частых разгонах и торможениях и ударные воздействия от неровностей дорожного покрытия.

Анализ статистики отказов показал, что ступичный подшипник является наиболее уязвимым элементом ходовой части, составляя 37,95% от всех зафиксированных отказов. При этом руководство по эксплуатации не содержит четких регламентных сроков замены данного узла, ограничиваясь рекомендациями о необходимости диагностики «по состоянию». Такой подход не учитывает специфику интенсивной городской эксплуатации, приводящей к ускоренному износу ступичного подшипника. В ходе исследования была поставлена задача: оп-

ределить реальный пробег, при котором происходит наибольшее количество отказов ступичного подшипника с учетом реальных условий эксплуатации в городской среде.

Особенности эксплуатации электромобилей создают специфические условия работы ступичных подшипников. Увеличенная на 20-30% масса транспортного средства из-за тяговой батареи, характерные для электропривода резкие стартовые ускорения, а также сложные дорожные условия российских городов с многочисленными неровностями покрытия приводят к ускоренному износу подшипниковых узлов. В ходе исследования выявлены основные типы неисправностей, каждая из которых имеет характерные диагностические признаки.

Наиболее распространенной проблемой является износ беговых дорожек, проявляющийся монотонным гулом, усиливающимся при скоростях 60-80 км/ч и изменяющимся при маневрировании. Основными причинами данной неисправности выступают повышенные нагрузки от массы батареи и нарушение герметичности пыльников.

Вторым по частоте является возникновение люфтов, диагностируемое по ударным шумам при изменении режимов движения и вибрации рулевого управления. Данная проблема часто возникает вследствие разрушения сепаратора или нарушения технологии монтажа.

Термические перегрузки проявляются характерным изменением цвета металла и запахом перегретой смазки, возникающими из-за дефицита смазочного материала или экстремальных эксплуатационных нагрузок.

Чтобы повысить надежность ходовой части электромобиля Evolutei-PRO, требуется определить оптимальный пробег для технического воздействия, повышающего срок службы, для этого будет использован «метод определения оптимальной периодичности технического обслуживания по допустимому уровню безотказности».

Для этого проанализированы пробеги с 54-х электромобилей, у которых вышел из строя ступичный подшипник при интенсивной городской эксплуатации, после чего полученные результаты были занесены в табл. 1.

Таблица 1

Пробеги электромобилей на момент выхода из строя ступичного подшипника

70282	75180	101851	77660	74043	49289	37309	86299	74112
81150	53255	25200	99216	71897	57518	72149	90592	59396
91766	78372	53241	19453	90379	6161	109743	86927	65089
88628	29743	78280	70437	66675	76684	77225	74756	55301
66991	82689	63536	46938	51582	54925	60909	72505	104040
69765	82949	59317	72061	81155	34749	86167	106403	100322

Проанализировав собранную информацию, были определены статистические показатели распределения отказов исследуемого элемента по наработке (табл. 2).

Таблица 2

Результаты обработки статистических данных

Границы интервала t_i	Середина интервала R_i	Число событий $\check{n}_i$	Частость $\hat{w}_i$	Частота f_i'	Вероятность		Интенсивность λ_i'
					F_i'	P_i'	
(6161 – 26877)	16519	3	0,056	0,000002	0,056	0,944	0,0000479
(26877 – 47594)	37236	4	0,074	0,000003	0,13	0,87	0,0000275
(47594 – 68310)	57952	14	0,259	0,00001	0,38	0,62	0,0000329
(68310 – 89027)	78669	24	0,44	0,00002	0,83	0,17	0,0000258
(89027 – 109743)	99385	9	0,17	0,000008	1	0	0,000008

Рассчитаны основные точечные показатели распределения наработок на отказ исследуемого элемента:

- Математическое ожидание

$$M = \sum_{i=1}^{n} \frac{R_i \cdot \check{n}_i}{N}, \quad (1)$$

где $N -$ количество чисел выборки.

$$M = 70229$$

- Дисперсия

$$D = \sum_{i=1}^{n} (R_i - M)^2 \cdot \frac{\check{n}_i}{N-1} \quad (2)$$

$$D = 461865000$$

- Среднеквадратическое отклонение

$$\sigma = \sqrt{D} \quad (3)$$

$$\sigma = \sqrt{461865000} = 21491$$

- Коэффициент вариации

$$\nu = \frac{\sigma}{M} \quad (4)$$

$$\nu = 0{,}306$$

По результатам табл. 2, строим гистограмму и выбираем закон распределения (рис.1).

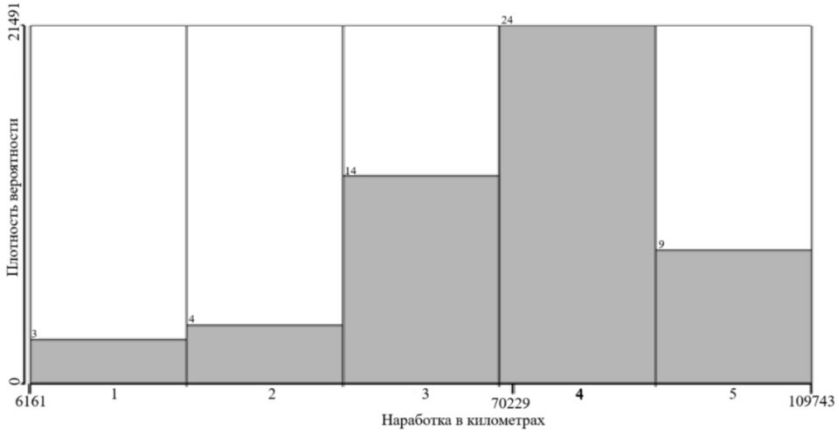


Рис. 1 Гистограмма распределения отказов электромобиля Evolutei-PRO

Проанализировав гистограмму, мы можем сказать, что на пробеге в 70229 км происходит наибольшее количество отказов. В современных реалиях срок службы важного конструкционного элемента должен быть больше, поэтому передний ступичный подшипник на электромобиле Evolutei-PRO требует доработки и применения нового инженерного решения.

Библиографический список

1. **Корчажкин М.Г.,** Кузьмин Н.А., Кустиков А.Д. Совершенствование нормативов технической эксплуатации городских автобусов // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2012. - №4(97). – С. 168-174.
2. **Кузьмин, Н.А.** Проблемы надёжности трансмиссий городских автобусов // Н.А.Кузьмин, А.Д. Кустиков. – Автотранспортное предприятие, 2013, №8. – С. 39-42.
3. **Кузьмин Н.А.**, Кустиков А.Д. Исследование долговечности работы агрегатов трансмиссий городских автобусов // Безопасность транспортных средств в эксплуатации: Материалы 79-ой научно-технической конференции. – Н. Новгород: НГТУ, 2012. – С. 12-13.
4. **Кузьмин Н.А.**, Борисов Г.В. Научные основы процессов изменения технического состояния автомобилей: монография. - Н.Новгород: Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева, 2012. – 270 с.
5. **Кузьмин Н.А.**, Кустиков А.Д. Проблемы надёжности трансмиссий городских автобусов // Автотранспортное предприятие. – 2013. - №8. – С. 39-42.

6. **Кустиков, А.Д.** Повышение долговечности рулевых реек путем корректирования периодичности замены масла / А.Д. Кустиков, Н.А. Кузьмин, Г.В. Борисов – Оренбург: Интеллект. Инновации. Инвестиции №6, 2022. - С. 79 - 87.
7. **Кустиков А.Д.** Обоснование корректирования периодичности обслуживаний коробок передач автобусов для условий дорог с переменным продольным профилем: Дис. … канд. техн. наук. – Н.Новгород: НГТУ, 2015. –176 с.

УДК 621.432.2

СМОЛЬНИКОВ М.В., БАЛАБАНОВ А.В.,ПЛОТНИКОВ С.А.

ОСНОВАНИЯ ВОЗМОЖНОГО ПОЯВЛЕНИЯ НОВОГО ДОРОЖНОГО ЗНАКА ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ПОПУЛЯРИЗАЦИИ ПРИМЕНЕНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ТОПЛИВА ДЛЯ ДВС

ФКУ ДПО Кировский ИПКР ФСИНРоссии
ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»

В марте 2026 года Владимир Путин выступил на ежегодном расширенном заседании коллегии Министерства внутренних дел России со своим докладом. Среди нескольких приоритетных задач, стоящих в текущем году перед МВД, выделил следующее: «Повышенные требования предъявляются сегодня к ГИБДД. В 2025 году удалось хоть и незначительно, но улучшить ситуацию с безопасностью на дорогах, с детским дорожно-транспортным травматизмом. И здесь хочу отметить большую совместную работу сотрудников ГИБДД, региональных и муниципальных властей, представителей автодорожного и транспортного хозяйств, строительного комплекса. Надо и дальше активно действовать в этом направлении. Ключевой ориентир здесь – положения Стратегии повышения безопасности дорожного движения до 2030-го и с перспективой до 2036 года, утверждённой в ноябре прошлого года» [1].

Реализуя, несколько направлений, заданных главой государства, учёные научной школы идут в ногу со временем и ведут исследования в области транспорта, а в частности использования альтернативных топлив при работе ДВС [2-5], а также анализ дорожной обстановки и правил дорожного движения [6-9]. Здесь на стыке нескольких направлений родилось решение по созданию нового дорожного знака.

Дорожный знак (рис. 1) выполняет важнейшую просветительскую функцию. Он постоянно напоминает всем участникам дорожного движения о существовании иного, современного вида транспорта. Для потенциальных покупателей это сигнал: «Государство и город признают этот транспорт, для него создаются условия». Это снижает уровень «технологической тревожности» и формирует позитивное восприятие. Водители обычных автомобилей постепенно привыкают к новому элементу в дорожной среде, что способствует гармоничному сосуществованию.

Рис. 1. Новый дорожный знак «Транспорт на альтернативном топливе»

Появление знака таблички «Транспорт на альтернативном топливе» в разделе 8 «Знаки дополнительной информации (таблички)» – это гораздо больше, чем нововведение в правилах дорожного движения [10]. Это многогранное построение комплексной экосистемы для транспорта будущего. Он работает одновременно как:

1) правовой инструмент, обеспечивающий защиту и приоритет;
2) маркетинговый инструмент, популяризирующий технологию;

3) инфраструктурный инструмент, делающий экотранспорт практичным;
4) социальный инструмент, меняющий культуру мобильности.

Таким образом, этот «скромный» дорожный знак на самом деле указывает путь не просто к парковке, а к системному развитию всего сектора альтернативного топлива, ускоряя наше движение к чистой, тихой и устойчивой транспортной системе. Это яркий пример того, как регулирование может не ограничивать, а стимулировать прогресс.

Библиографический список

1. Указ Президента РФ от 14.11.2025 N 841 "Об утверждении Стратегии повышения безопасности дорожного движения в Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года"
2. Плотников С.А., Карташевич А.Н., Смольников М.В. Исследование энергетических показателей трактора Беларус-922 при работе на топливе с добавками этанола. //Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева.- Нижний Новгород, 2018. - № 1 (120). – С. 223 - 228.
3. Плотников С.А., Смольников М.В., Шишкин Г.П., Расчёт стабильности этанолотопливной эмульсии для применения в дизелях. //Двигателестроение, 2019. - № 1. – 24 - 27 С.
4. Плотников С.А., Карташевич А. Н., Шипин А.И. Смольников М.В. Оценка регулировочных показателей двигателя сельскохозяйственных транспортных средств при применении многокомпонентных биотоплив. //Вестник РГАТУ, 2021. - № 1 (13). – С. 149.
5. Плотников С.А., Шишкин Г.П., Смольников М.В., Гневашев П.В., Кутергин Н.Ю. Безмоторные методы оценки эксплуатационных свойств альтернативных топлив с добавкой этанола. Международный научно-технический журнал «Транспорт на альтернативном топливе» № 6 (90)/ 2022г.
6. Смольников М.В., Плотников С.А., Чернов А.Н., Захаров Д.В., Анализ правил дорожного движения Российской Федерации. Будущее технической науки: сборник материалов XXI Всероссийской молодежной научно-техн. конф.; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2022. – 247 с.
7. Смольников М.В., Плотников С.А., Сергеев Д.Г. Анализ БДД на транспорте Российской Федерации на примере автошкол. Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства: сб. науч. тр. / редкол.: В. В. Гусаров (гл. ред.) [и др.]. – Горки : БГСХА, 2022. – Вып. 7. – С. 230-233.
8. Плотников С.А., Смольников М.В., Заболотских Г.Э. Влияние развития транспорта с электроприводом на изменения в правилах дорожного движения. Международный научно-технический журнал «Транспорт на альтернативном топливе» № 3 (93)/ 2023 г.
9. Смольников М.В. Воздействие факта нарушений правил дорожного движения в процессе управления автомобилем на состояние сердечно-сосудистой системы работника. Вопросы современной науки и практики. 2025. № 2 (13). С. 89-92.
10. Постановление Правительства РФ от 23.10.1993 N 1090 (ред. от 26.03.2020) "О Правилах дорожного движения".

УДК 656

ТЕЛЕГИН С.Д., БЕРДНИКОВ Л.А., РОМАНЮК Ю.И.

ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕВОЗКИ ЗАМОРОЖЕННОЙ РЫБЫ И МОРЕПРОДУКТОВ РЕФРИЖЕРАТОРОМ

Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева

Обеспечение сохранности пищевых продуктов при транспортировке – одна из ключевых задач логистики. Особенно это касается скоропортящихся товаров, таких как замороженная рыба и морепродукты, чьи потребительские свойства и безопасность напрямую зависят от непрерывного поддержания заданного температурного режима [1].

Для транспортировки замороженной рыбы и морепродуктов используется специальный подвижной состав с принудительным охлаждением – рефрижераторные автомобили. Перевозка осуществляется в изотермическом кузове с интегрированной холодильной установкой, конструкция таких транспортных средств должна соответствовать требованиям безопасности, установленным Федеральным законом № 196-ФЗ «О безопасности дорожного движения», Правилами дорожного движения РФ и Техническим регламентом о безопасности колесных транспортных средств.

Нарушение «холодильной цепи» даже на короткое время может привести к необратимым процессам: размораживанию, развитию патогенной микрофлоры, потере веса, ухудшению текстуры, вкуса и, как следствие, к значительным экономическим убыткам и рискам для здоровья потребителей. Рассмотрим основные факторы, угрожающие сохранности груза, и способы их нейтрализации.

Основным и наиболее очевидным фактором риска является отклонение температуры в грузовом отсеке от требуемого уровня, который для большинства видов замороженной рыбы и морепродуктов составляет не выше –18°С[2]. Причиной может стать неисправность холодильной установки, человеческий фактор (неправильная настройка), недостаточная предварительная заморозка товара перед погрузкой или частое открывание дверей при частичной разгрузке. Повышение температуры запускает процесс перекристаллизации льда: мелкие кристаллы внутри тканей продукта превращаются в крупные, разрывая клеточные мембраны. При последующей заморозке это приводит к потере клеточного сока (капельному оттаиванию) и значительному ухудшению качества.

Второй критический фактор – колебания температуры и влажности. Даже если средний показатель соответствует норме, циклические скачки температуры и образование конденсата на поверхности упаковки или продукта создают благоприятную среду для роста бактерий и плесени. Особенно уязвимы продукты в поврежденной или ненадлежащей упаковке. Также важна правильная организация воздушного потока внутри фургона. Неравномерная циркуляция холодного воздуха приводит к образованию «теплых зон», где продукт начинает портиться в первую очередь[3]. Плотная, неправильная укладка паллет, блокирующая вентиляционные каналы, – частая причина такой проблемы.

Для минимизации рисков и обеспечения должного качества перевозки необходимо соблюдать комплекс следующих мер. Предрейсовая подготовка и контроль: перед погрузкой рефрижераторную установку и изоляцию кузова необходимо проверять на исправность и соответствие заявленным температурным возможностям. Обязательно следует проводить предварительное охлаждение (термоподготовку) пустого кузова до нужной температуры. Контроль состояния груза до погрузки: температура продукта в момент передачи перевозчику должна соответствовать требуемой. Погрузка теплого или частично оттаявшего товара недопустима. Правильная укладка и штабелирование: груз должен быть уложен на паллеты и размещен так, чтобы не касаться стен и пола кузова, обеспечивая свободную циркуляцию воздуха по периметру и сверху. Необходимо соблюдать допустимую высоту штабеля. Непрерывный мониторинг: использование систем телеметрии и автономных регистраторов температуры (термографов), размещенных в разных точках грузового отсека, позволяет в реальном времени отслеживать режим и оперативно реагировать на отклонения. Квалифицированный персонал: водитель и логисты должны быть обучены правилам работы с рефрижераторным оборудованием и скоропортящимися грузами, понимать важность минимизации времени открытия дверей.

Перевозка замороженной рыбы и морепродуктов – это высокотехнологичный процесс, где успех зависит от надежности техники, точности соблюдения регламентов и профессионализма персонала. Соблюдение «холодильной цепи» на всех этапах – от производителя до конечного покупателя – является не только требованием стандартов, но и гарантией качества, безопасности продукции и экономической эффективности перевозки.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 54706-2011 (ИСО 8187:2007) «Продукты пищевые замороженные. Общие требования к организации и методам контроля».
2. СанПиН 2.3.2.1324-03 «Гигиенические требования к срокам годности и условиям хранения пищевых продуктов».
3. ГОСТ Р ИСО 4113-2013 «Перевозка грузов. Требования к рефрижераторным контейнерам при проверке, обслуживании в пути и ремонте».

УДК 656

УРЯДОВ А.С., БЕРДНИКОВ Л.А., КИРБИНЕВ И.А.

ПЕРЕВОЗКА ЩЕБНЯ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ

Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева

Перевозка нерудных материалов, в особенности щебня, занимает ключевое место в строительной отрасли, дорожных работах и инфраструктурном развитии. Увеличение объёмов строительного производства требует эффективной и безопасной организации транспортировки сыпучих грузов. Щебень относится к инертным материалам, однако его перевозка имеет ряд технологических и правовых особенностей, регулируемых действующим законодательством и нормативными актами Российской Федерации.

В процессе транспортировки щебня должен быть обеспечен строгий контроль состояния подвижного состава, предотвращение рассыпания груза и загрязнения дорожного полотна. Правильно организованная перевозка позволяет исключить аварийные ситуации, уменьшить износ автодорог и повысить производительность строительных объектов [2].

Для транспортировки щебня используется специализированный подвижной состав – самосвалы, автопоезда с полуприцепами-самосвалами, автомобили-тяжеловозы. Конструкция таких транспортных средств должна соответствовать требованиям безопасности, установленным Федеральным законом № 196-ФЗ «О безопасности дорожного движения», Правилами дорожного движения РФ и Техническим регламентом о безопасности колесных транспортных средств.

Эксплуатационная документация устанавливает следующие требования:

1) кузов должен иметь герметичные борта и исправный запирающий механизм заднего борта для предотвращения просыпания груза;

2) внутренняя поверхность кузова должна обеспечивать лёгкий сход щебня при выгрузке, допускается нанесение антиадгезионных смесей;

3) самосвальные установки должны быть оборудованы исправной гидравлической системой, исключающей произвольный подъём кузова;

4) для уменьшения пылеобразования при перевозке щебня возможна установка тентовочных устройств;

5) допускается оснащение кузова ребрами жёсткости и усиленными стенками, что особенно важно при перевозке крупных фракций [3].

Процесс перевозки включает в себя три основных этапа: погрузка, транспортировка, разгрузка. Каждый из них должен соответствовать требованиям охраны труда и транспортной безопасности.

1. Погрузка выполняется экскаваторами, погрузчиками или конвейерными установками. При этом запрещается нахождение людей на краю кузова или в зоне возможного обрушения материала.

2. Масса загружаемого щебня должна соответствовать грузоподъёмности транспортного средства. Перегрузка запрещена согласно п. 23.5 Правил перевозки грузов автомобильным транспортом.

3. Верхний уровень груза не должен превышать высоту бортов. В случае необходимости щебень должен быть выровнен.

4. При транспортировке водитель обязан соблюдать скоростной режим, предусмотренный ПДД РФ, учитывать массу груза, тормозной путь и инерцию.

5. Разгрузка выполняется только на специально оборудованных площадках, очищенных от посторонних предметов и выровненных для безопасного поднятия кузова самосвала [4].

При осуществлении перевозки щебня автотранспортное предприятие должно иметь следующие документы:

- путевой лист установленного образца;
- товарно-транспортную накладную (ТТН);
- документы на транспортное средство и водительские права категории «С» или «СЕ»;
- при перевозке на большое расстояние – схему маршрута и подтверждение технического контроля состояния автомобиля;
- при перевозке крупногабаритных партий – разрешение на движение тяжеловесного транспортного средства (в случае превышения допустимых осевых нагрузок).

В отличие от перевозки опасных грузов, оформление специального допуска не требуется, однако контроль над сохранностью груза и соблюдением норм безопасности обязателен.

Щебень как инертный материал не представляет химической опасности, однако он имеет ряд особенностей, влияющих на безопасность перевозок:

- Возможность выпадения частиц щебня на проезжую часть, что может привести к повреждению других автомобилей или созданию аварийной ситуации.
- Пылеобразование при транспортировке мелких фракций, особенно в сухую погоду.
- Повышенный износ кузова самосвала вследствие абразивного воздействия.

Для предотвращения подобных ситуаций транспортные предприятия обязаны проводить регулярный осмотр кузова, использовать тенты и следить за правильным размещением груза.

При перевозке щебня возможны следующие аварийные ситуации.

1. Просыпание груза на проезжую часть. Водитель обязан немедленно остановиться, выставить знак аварийной остановки и сообщить в ГИБДД.

2. Заклинивание гидросистемы при выгрузке. Требуется прекращение работ и вызов технической помощи.

3. Опасный наклон машины при подъёме кузова. Разгрузка должна быть прекращена для предотвращения опрокидывания.

4. Повреждение борта кузова. Автомобиль подлежит ремонту или замене оборудования согласно эксплуатационным требованиям [4].

Перевозка щебня автомобильным транспортом должна осуществляться в соответствии с установленными нормами и правилами, что обеспечивает безопасность участников дорожного движения, сохранность автомобильных дорог и эффективность строительных процессов. Соблюдение требований законодательства, регламентов Минтранса и ПДД РФ позволяет исключить аварийные ситуации и обеспечить надлежащее качество транспортировки инертных материалов.

Библиографический список

1. Федеральный закон № 196-ФЗ «О безопасности дорожного движения».
2. Федеральный закон № 259-ФЗ «Устав автомобильного транспорта и городского наземного электрического транспорта».

3. ГОСТ 32985-2014 «Автомобильные дороги. Требования к перевозке сыпучих материалов».
4. Правила перевозки грузов автомобильным транспортом (утв. Постановление Правительства РФ от 21.12.2020 N 2200 (ред. от 27.05.2025).

УДК 629

ФИЛИПЕНКО Р.С., АФОНИН Н.С., УСОВ Г.А., МАЛЫГИН А.Л.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ АВТОНОМНОГО ТРАНСПОРТА НА ТЕРРИТОРИИ ЛОГИСТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Российская технологическая компания ООО «ЭвоКарго» (EvoCargo), основанная в 2020 году в Москве, первой в России успешно запустила коммерческий сервис автономной (беспилотной) логистики [1]. Их основной продукт – автономный грузовик Evocargo N1, полностью меняет подход к внутриобъектовым перевозкам на промышленных предприятиях, складских комплексах и распределительных центрах.

Автономный грузовик Evocargo N1 активно используется крупнейшими российскими компаниями, что подтверждает его эффективность.

Например, на птицефабрике «Элинар-Бройлер» автономные грузовики с изотермическими кузовами самостоятельно развозят продукцию и сырье по территории предприятия [2]. На «Томскнефтехиме» Evocargo N1 перевозят биг-бэги с гранулами полиэтилена на склад, в логистическом комплексе «Fplus Логистика» они круглосуточно перевозят компьютерную технику.

– Полностью автономный (5-й уровень): у грузовика нет кабины и места для водителя. Это не просто автомобиль с автопилотом, а транспортное средство, изначально спроектированное как роботизированный комплекс. Управление осуществляется автопилотом на базе искусственного интеллекта и собственного ПО компании.

– Технические характеристики: грузоподъемность - 2 т (вместимость до 6 европаллет), запас хода - 200 км. Скорость передвижения - 20 км/ч. Заряжается от обычной розетки 220В, например, во время погрузки-разгрузки.

– Бизнес-модель RaaS (Robots-as-a-Service): «ЭвоКарго» не продает свои грузовики. Они предоставляют их как услугу. Клиент получает результат (перемещенные грузы), а компания берет на себя все расходы на обслуживание, ремонт и замену ТС. Это снижает порог входа для бизнеса.

Согласно данным компании и отзывам клиентов, внедрение автономных грузовиков «ЭвоКарго» дает ощутимые экономические и операционные преимущества [3]:

– снижение расходов: затраты на логистику сокращаются на 25 - 37%. На проекте с "Томскнефтехимом" зафиксировано снижение на 37%. Это достигается за счет оптимизации графиков и отсутствия затрат на топливо и ФОТ водителей;

– работа 24/7: роботы могут работать круглосуточно без перерывов, выходных и больничных, что повышает предсказуемость и стабильность процессов;

– безопасность и надежность: исключается человеческий фактор (ошибки, нарушение дисциплины). Мультисенсорная система обеспечивает безопасное движение среди людей и техники;

– решение кадрового вопроса: автоматизация рутинных перевозок позволяет переключить сотрудников на более сложные задачи и снижает зависимость от дефицита водителей.

В будущем компания планирует использовать литий-ионные аккумуляторы от «Росатома». Также ведутся работы по выходу на дороги общего пользования - тестирование уже идет на ЦКАД в рамках экспериментального правового режима.

Библиографический список

1. Представлен российский автономный электрогрузовик // reis.zr.ru : сайт. - 2026. - 18 марта.-URL: https://reis.zr.ru/news/predstavlen-rossiiskii-avtonomnyi-lektrogruzovik/ (дата обращения: 18.03.2026).
2. ЭвоКарго внедрила флот автономных электрогрузовиков на подмосковной птицефабрике «Элинар-Бройлер» // lognews.ru : Логистика. Новости. 2025. - 24 июля. - URL: https://lognews.ru/evokargo-vnedrila-flot-avtonomnykh-elektrogruzovikov-na-podmoskovnoy-pticefabrike-elinar-broyler (дата обращения: 18.03.2026).
3. На форуме в «Сколково» обсудили развитие автономной логистики на примере «ЭвоКарго» // lognews.ru : Логистика. Новости. 2025. - 25 августа. -URL: https://lognews.ru/na-forume-v-skolkovo-obsudili-razvitie-avtonomnoy-logistiki-na-primere-evokargo(дата обращения: 18.03.2026).

УДК 656

ШАЦКИХ М.О., БЕРДНИКОВ Л.А., РОМАНЮК Ю.И.

ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ: ОТ ПИЛОРАМЫ ДО ТОЧКИ ПРОДАЖИ – КЛЮЧЕВЫЕ АСПЕКТЫ И РИСКИ ЛОГИСТИКИ

Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева

Эффективная и безопасная перевозка пиломатериалов, таких как брус, доска, рейка и горбыль, от места производства на пилораме до конечной точки продажи или строительного объекта является комплексной инженерно-логистической задачей. От её корректного решения напрямую зависят не только сохранность и товарный вид древесины, но и сроки выполнения обязательств, транспортные издержки, а в итоге – финансовая устойчивость и деловая репутация компании-поставщика [1]. Нарушение технологии погрузки, крепления или выбора транспорта ведёт к неизбежным потерям: механическим повреждениям, загрязнению, намоканию, короблению и даже полной порче партии ценного сырья. Наиболее распространённым методом для средних и крупных партий остаётся автомобильная транспортировка с использованием бортовых грузовиков, длинномерных полуприцепов или специальных лесовозов с кониками. Каждый из этих вариантов требует тщательного учёта специфики груза, маршрута и сезонных факторов.

Рассмотрим основные риски при транспортировке и их причины. Главному риску подвергаются неправильно сформированные и закреплённые пакеты пиломатериалов. Смещение груза в пути – основная причина механических дефектов. Трение досок друг о друга, особенно на неровной дороге, приводит к образованию задиров, сколов кромок, глубоких царапин и трещин, что автоматически переводит материал в более низкий сорт или делает его непригодным для продажи [4]. Для длинномерных материалов, таких как брус 6–12 метров, критически важна правильная опора по всей длине. Отсутствие достаточного количества поперечных прокладок (обрешётки) или их неверное расположение вызывает прогиб и остаточную деформацию (искривление) под действием собственного веса и инерционных сил. Риск усиливается при перевозке недостаточно высушенной (естественной влажности) древесины, которая более пластична и склонна к короблению.

Второй ключевой риск – воздействие окружающей среды. Транспортировка без защитного тента или плёнки в условиях дождя, снега, высокой атмосферной влажности или даже росы приводит к прямому намоканию пиломатериалов. Последующее неравномерное высыхание вызывает коробление, растрескивание, а в закрытых, плохо вентилируемых штабелях может начаться развитие плесени и синевы, что особенно губительно для ценных пород древесины [3].

Третий комплекс рисков связан с техническим состоянием подвижного состава и крепёжных средств. Неровный, ржавый или загрязнённый маслами пол кузова, наличие острых металлических элементов, недостаточная высота или надёжность бортов – всё это потенциальные источники повреждений и причин для ослабления креплений. Сами крепёжные средства (стальные или текстильные стропы, цепи, канаты) должны регулярно инспектироваться на предмет износа, разрывов волокон и коррозии. Их неожиданный отказ в пути создаёт прямую угрозу безопасности дорожного движения и сохранности груза [4].

Сформируем комплекс мер по минимизации рисков и обеспечению сохранности. Для обеспечения сохранности груза необходим строгий технологический регламент, охватывающий следующие этапы. Подготовка и укладка: перед погрузкой кузов должен быть очищен от мусора и посторонних предметов. Обязательна укладка груза на поперечные прокладки (обрешётку) из сухой древесины одинаковой толщины. Это обеспечивает вентиляцию штабеля по всей длине, равномерное распределение нагрузки на нижние слои и предотвращает контакт с полом кузова. Пиломатериалы должны быть уложены в плотные, ровные пакеты, с выравниванием торцов. Надёжное крепление: крепление осуществляется с помощью сертифицированных ремней с натяжителями (строп) или стальных канатов. Крепёж должен проходить поверх штабеля, фиксируясь к надёжным точкам на раме автомобиля, а не к бортам. Обязательно поперечное стягивание для предотвращения расползания пакета. Для длинномеров применяются коники с поперечными балками и дополнительное верхнее стягивание. Защита от атмосферных воздействий: после надёжного крепления груз должен быть полностью укрыт прочным брезентом или армированной плёнкой, которые надёжно фиксируются по периметру. Это защищает не только от осадков, но и от пыли и грязи на дороге. Маршрутное планирование и контроль: водитель должен быть проинструктирован о специфике груза. По возможности следует выбирать маршруты с качественным дорожным покрытием. Рекомендуются плановые остановки через первые 20-30 км пути и далее через каждые 200-300 км для проверки состояния креплений и целостности укрытия. Приёмка и разгрузка: в точке назначения должна производиться тщательная приёмка материала с составлением акта, в котором фиксируются любые выявленные повреждения. Разгрузка должна производиться аккуратно, с использованием мягких строп, чтобы избежать ударов и сколов.

Соблюдение данных мер, основанных на стандартах и практическом опыте, не только минимизирует материальные потери, но и значительно повышает безопасность дорожного движения, снижая вероятность создания аварийных ситуаций из-за падения или смещения груза. Инвестиции в качественную логистику пиломатериалов напрямую окупаются за счёт снижения брака и повышения удовлетворённости клиентов.

Библиографический список

1. ГОСТ 32806-2014 «Пиломатериалы хвойных пород. Технические условия».
2. ГОСТ 30974-2014 «Грузы лесные. Правила перевозки автомобильным транспортом».
3. ГОСТ 26653-2019 «Подготовка грузов к перевозке. Общие требования».
4. СП 451.1325800.2019 «Склады лесных грузов. Правила проектирования и эксплуатации». (Дополнительный стандарт, регламентирующий также вопросы временного хранения, связанного с логистикой).

5. Рекомендации Ассоциации «Национальное лесное агентство» по транспортировке круглых и пиленых лесоматериалов, 2021. (Внутренний отраслевой документ, описывающий лучшие практики).

УДК: 629

УЗУН Н., БЕРДНИКОВ Л.А., ОВЧИННИКОВА В.В.

АНАЛИЗ РИСКОВ И УПРАВЛЕНИЕ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ ПРИ ПЕРЕВОЗКАХ НА ГРУЗОВОМ АВТОТРАНСПОРТЕ

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева

Грузовые автомобильные перевозки занимают ключевое место в логистической инфраструктуре современных экономических систем. Несмотря на развитие железнодорожного, авиационного и водного транспорта, именно автомобильный транспорт обеспечивает оперативность, гибкость и возможность доставки «от двери до двери». При этом деятельность в сфере грузоперевозок неизбежно связана с большим количеством рисков – от технических до организационных, от экономических до юридических [6].

В условиях растущей конкуренции, нестабильности мировых рынков, усложнения логистических цепочек и усиления регуляторных требований проблема анализа рисков и выработки эффективных методов управления ими становится особенно актуальной [2]. Компании, работающие в отрасли, сталкиваются с неопределённостью, которая может проявляться в изменениях дорожной инфраструктуры, колебаниях стоимости топлива, непредсказуемых погодных условиях, изменениях законодательства, колебаниях спроса и многом другом.

Цель данной статьи – провести комплексный анализ рисков, возникающих при автомобильных грузоперевозках, и рассмотреть современные методы управления ими в условиях неопределённости. Также будут обозначены перспективы развития систем риск-менеджмента в транспортной отрасли.

1. Основные риски, возникающие при грузовых автомобильных перевозках

Перевозки на грузовом транспорте формируют широкий спектр рисков, условно разделимых на несколько категорий: технические, организационные, внешние, финансовые, правовые и социальные.

1.1 Технические риски

а. Неисправность транспортного средства. Причины: естественный износ узлов, низкое качество обслуживания, неисправное электрооборудование, отказ тормозной системы или двигателя. Последствия: срыв сроков доставки, материальный ущерб, ДТП.

б. Аварийные ситуации. Автомобильный транспорт является наиболее аварийно-опасным видом перевозок. Факторы: человеческий фактор, состояние дорожного покрытия, погодные условия, недостаточная видимость, дефекты автомобиля.

в. Несоответствие транспортного средства характеристикам груза. Например, перевозка хрупких или опасных грузов на неподходящих автомобилях повышает вероятность повреждения товара или создания угрозы окружающим [3, 5, 7, 10].

1.2 Организационные риски

а. Неправильное планирование маршрутов. Отсутствие учёта дорожной обстановки, пробок, ремонта участков дорог приводит к задержкам, перерасходу топлива.

б. Ошибки в документации. Некорректное оформление товарно-транспортных накладных, CMR, путевых листов может привести к штрафам и задержкам.

в. Недостаточная квалификация персонала. Ошибки водителя, неправильное закрепление груза, нарушение режима труда и отдыха увеличивают риск аварий и поломок.

1.3 Внешние риски

а. Погодные и климатические условия. Гололёд, снегопады, туман, жара – факторы, создающие угрозу безопасности движения.

б. Геополитическая и экономическая нестабильность. Колебания курсов валют, санкции, военные конфликты, изменения таможенных правил могут затруднить международные перевозки [9].

в. Инфраструктурные ограничения. Состояние дорог, отсутствие парковок для грузовиков, нехватка сервисных станций.

1.4. Финансовые риски

а. Колебания стоимости топлива. Расходы на дизельное топливо составляют до 30-40% себестоимости перевозок, поэтому резкие изменения цен сильно влияют на прибыль.

б. Неплатежи или задержки оплат со стороны заказчиков. Это может привести к кассовым разрывам и невозможности своевременно оплачивать расходы.

в. Штрафы за нарушение законодательства. Тахограф, весовой контроль, экологические нормы – всё это требует постоянного соблюдения.

1.5. Правовые риски

а. Изменения в законодательстве. Ввод новых стандартов по экологии, ограничений движения, требований к перевозке опасных грузов.

б. Недостаточная страховая защита. Некорректно оформленные полисы ОСАГО, КАСКО, страхование ответственности перевозчика.

1.6. Социальные риски

а. Кадровый голод. Отрасль испытывает дефицит квалифицированных водителей, что повышает нагрузку на имеющийся персонал.

б. Состояние водителя. Усталость, стресс, недосыпание, плохое самочувствие напрямую влияет на безопасность движения.

2. Управление рисками в условиях неопределённости

Современная система риск-менеджмента в автомобильных перевозках предполагает комплексный подход, включающий мониторинг, анализ, прогнозирование и минимизацию рисков [2, 6, 8].

2.1. Идентификация рисков

На первом этапе необходимо установить все возможные угрозы, разделив их по категориям. Используются методы: анализ предыдущего опыта компании, изучение статистики ДТП, экспертная оценка специалистов, аудит транспортного парка и маршрутов, анализ бизнес-процессов.

2.2. Оценка рисков

Оценка предполагает определение вероятности наступления события и размера возможного ущерба:

- количественные методы: математическое моделирование, анализ данных тахографов и GPS-трекеров, прогнозирование на основе машинного обучения;
- качественные методы: экспертные шкалы, SWOT-анализ, матрица рисков [8].

2.3. Минимизация рисков

а. Техническое обслуживание и диагностика. Регулярное ТО, предрейсовый осмотр, использования телематики, контроль состояния электроники и систем безопасности [1, 11].

б. Страхование. ОСАГО, КАСКО, страхование груза, ответственность перевозчика, страхование задержек доставки повышают финансовую устойчивость компании [2].

в. Управление водителем. Обучение, соблюдение режима труда и отдыха, медосмотры, внедрение систем контроля стиля вождения.

г. Планирование маршрутов и логистики. Использование навигационных систем, прогнозирование трафика, адаптивное составление маршрутов [4, 5].

д. Финансовое планирование. Фиксированные контракты на топливо, резервный фонд, контроль дебиторской задолженности.

е. Правовое сопровождение. Своевременное отслеживание изменений законодательства, корректное оформление документов [9].

2.4. Управление неопределённостью

Неопределённость – ситуация, когда невозможно точно оценить вероятность рисков. В таких условиях применяются:

Сценарное моделирование (оптимистичный, реалистичный, кризисный сценарии). Гибкие логистические решения (изменение маршрутов в режиме реального времени).

Диверсификация перевозок (разделение по разным регионам и клиентам). Использование цифровых платформ для прогнозирования загрузки, движения и технического состояния транспорта [1, 2].

Формирование резервов: запасные машины, страховые полисы, дополнительные водители.

3. Перспективы развития управления рисками в грузовых автомобильных перевозках

С развитием технологий и усложнением логистики системы риск-менеджмента будут меняться.

Основные перспективы:

3.1. Цифровизация и искусственный интеллект: прогнозирование ДТП и поломок по телематическим данным; автоматическое составление маршрутов с учётом дорожной обстановки; предиктивная диагностика электроники и моторов [1]; контроль поведения водителя (ускорения, торможения, резкие манёвры).

3.2. Развитие страховых технологий: умные страховые тарифы, рассчитываемые исходя из реальных данных вождения; онлайн-оценка повреждений.

3.3. Повышение экологических стандартов: переход на электромобили и гибриды; требования к выбросам; оптимизация топлива [3, 10].

3.4. Улучшение инфраструктуры: строительство специализированных парковок; развитие интеллектуальных дорог; системы информирования водителей в реальном времени.

3.5. Автономный транспорт: в перспективе 10-20 лет автономные грузовики могут существенно снизить риски, связанные с человеческим фактором, но создадут новые – технологические и киберриски.

Грузовые автомобильные перевозки неизбежно связаны с множеством рисков, которые могут приводить к материальным потерям, снижению эффективности и угрозам безопасности. Однако грамотная система управления рисками позволяет существенно снизить последствия неопределённости [6, 8].

Современные подходы включают: системный анализ и прогнозирование; цифровизацию процессов [1]; техническое обслуживание и мониторинг транспорта; страхование и правовую защиту [2]; качественное обучение персонала.

Перспективы отрасли связаны с развитием цифровых технологий, искусственного интеллекта, автономного транспорта, улучшением инфраструктуры и созданием новых стандартов безопасности [3, 4, 10].

Компании, которые уже сегодня внедряют комплексные системы риск-менеджмента, получают конкурентные преимущества, повышают надёжность своих услуг и минимизируют последствия непредвиденных событий.

Библиографический список

1. [Электронный ресурс Н.А. Амосов, Е.Ю. Кузнецова «"Вытягивающая" модель взаимодействия участников контракта жизненного цикла транспортных средств» URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vytyagivayuschaya-model-vzaimodeystviya-uchastnikov-kontrakta-zhiznennogo-tsikla-transportnyh-sredstv/viewer (дата обращения: 10.12.2025).
2. [Электронный ресурс] Агданская Д.В., Семенчук В.А. «Стратегическое управление рисками в логистической цепи поставок: методы и инструменты» URL: https://cyberleninka.ru/article/n/strategicheskoe-upravlenie-riskami-v-logisticheskoy-tsepi-postavok-metody-i-instrumenty/viewer (дата обращения: 10.12.2025).

3. [Электронный ресурс] Бабакин Б.С., Белозёров Г.А., Бабакин С.Б. «Развитие авторефрижераторного транспорта» URL: https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-avtorefrizheratornogo-transporta/viewer (дата обращения: 10.12.2025).
4. [Электронный ресурс] Бекмурзаев И.Д., Серба В.Я., Волкова А.А. «Проблемы и перспективы развития рынка холодной логистики» URL: https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-i-perspektivy-razvitiya-rynka-holodnoy-logistiki/viewer (дата обращения: 10.12.2025).
5. [Электронный ресурс] Д.Ю. Гришкова, И.О. Тесленко «Логистические схемы доставки скоропортящихся грузов» URL: https://cyberleninka.ru/article/n/logisticheskie-shemy-dostavki-skoroportyaschihsya-gruzov/viewer (дата обращения: 10.12.2025).
6. [Электронный ресурс] Е.С. Пономарева «Логистические риски в транспортной деятельности и способы их минимизации» URL: https://cyberleninka.ru/article/n/logisticheskie-riski-v-transportnoy-deyatelnosti-i-sposoby-ih-minimizatsii/viewer (дата обращения: 10.12.2025).

УДК: 629

УЗУН Н., БЕРДНИКОВ Л.А.

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАТРАТ ПРИ ОБСЛУЖИВАНИИ РЕФРИЖЕРАТОРНЫХ ПОЛУПРИЦЕПОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ОБОРУДОВАНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева

Рост объёмов перевозок скоропортящихся грузов и ужесточение требований к качеству их доставки обуславливают активное использование рефрижераторных полуприцепов в транспортной логистике [2, 4]. Надёжность и экономическая эффективность эксплуатации данного вида подвижного состава напрямую влияют на конкурентоспособность автотранспортных предприятий и логистических операторов.

Эксплуатация рефрижераторных полуприцепов характеризуется высокой капиталоёмкостью и значительными текущими расходами. Помимо затрат на приобретение оборудования, существенную долю составляют расходы на техническое обслуживание, ремонт, топливо для холодильных установок, простои и потери грузов в случае отказов [3, 6].

Традиционный подход к управлению затратами, основанный на краткосрочном учёте расходов, зачастую не позволяет объективно оценить экономическую эффективность различных стратегий обслуживания.

В этой связи особую актуальность приобретает применение анализа жизненного цикла оборудования, который позволяет рассматривать затраты на рефрижераторный полуприцеп в течение всего периода его эксплуатации – от приобретения до вывода из эксплуатации [1, 8].

Целью данной статьи является анализ возможностей оптимизации эксплуатационных затрат при обслуживании рефрижераторных полуприцепов на основе концепции жизненного цикла оборудования.

1. Эксплуатационные затраты и жизненный цикл рефрижераторных полуприцепов

1.1 Структура эксплуатационных затрат

Эксплуатационные затраты при использовании рефрижераторных полуприцепов включают следующие основные компоненты:

а. затраты на техническое обслуживание и текущий ремонт;

б. расходы на топливо и энергоресурсы для работы холодильной установки;

в. затраты на запасные части и расходные материалы;

г. расходы, связанные с простоями техники;

д. потери от порчи или повреждения перевозимых грузов [5, 6];

е. косвенные затраты, связанные с управлением и администрированием.

На практике доля эксплуатационных затрат может превышать первоначальную стоимость оборудования в 2-3 раза за весь период его службы, что подчёркивает важность их оптимизации.

1.2 Жизненный цикл оборудования

Жизненный цикл рефрижераторного полуприцепа условно включает следующие этапы:

а. проектирование и приобретение;

б. ввод в эксплуатацию;

в. активная эксплуатация и обслуживание;

г. модернизация или капитальный ремонт;

д. вывод из эксплуатации и утилизация.

Каждый этап характеризуется специфическими затратами и рисками. Анализ жизненного цикла позволяет оценить совокупную стоимость владения оборудованием и выбрать оптимальную стратегию обслуживания и обновления парка [1, 8].

2. Текущее состояние обслуживания рефрижераторных полуприцепов

2.1. Преобладающие подходы к обслуживанию

В большинстве автотранспортных предприятий обслуживание рефрижераторных полуприцепов осуществляется на основе:

а. регламентного технического обслуживания по пробегу или моточасам;

б. планово-предупредительного ремонта;

в. Внеплановый ремонт ремонта при возникновении отказов.

Данные подходы обеспечивают минимально необходимый уровень надёжности, однако не учитывают индивидуальные условия эксплуатации и фактическое техническое состояние оборудования [2]. Это приводит либо к преждевременному выполнению сервисных операций, либо к запоздалому выявлению дефектов.

2.2 Ограничения существующих методов

Основными проблемами текущей системы обслуживания являются:

а. недостаточная прозрачность реальных затрат по каждому полуприцепу;

б. отсутствие связи между техническим состоянием и финансовыми показателями;

в. сложность прогнозирования затрат на длительный период;

д. высокая доля внеплановых ремонтов;

г. ограниченное использование данных телематики и диагностики [9].

В результате управленческие решения о ремонте, модернизации или замене оборудования зачастую принимаются интуитивно, без комплексного экономического обоснования [3].

3. Применение анализа жизненного цикла для оптимизации затрат

3.1 Сущность анализа жизненного цикла оборудования

Анализ жизненного цикла предполагает расчёт совокупных затрат на оборудование за весь период его эксплуатации с учётом временной стоимости денег [1].

В контексте рефрижераторных полуприцепов анализ жизненного цикла включает:

а. инвестиционные затраты на приобретение;

б. эксплуатационные расходы;

в. затраты на капитальные ремонты и модернизацию;

г. остаточную стоимость или затраты на утилизацию.

Применение данного подхода позволяет сравнивать различные сценарии обслуживания и выбирать экономически оптимальный вариант.

3.2 Оптимизация стратегий обслуживания

На основе LCC-анализа возможна оптимизация следующих решений:

а. выбор между плановым и предиктивным обслуживанием;

б. определение оптимального момента капитального ремонта;

в. экономическое обоснование замены оборудования;

г. оценка эффективности модернизации холодильных установок [9].

Такой подход способствует снижению суммарных затрат и повышению надёжности эксплуатации.

4. Плюсы и минусы применения анализа жизненного цикла

Плюсы и минусы применения анализа жизненного цикла представлены в табл. 1.

Таблица 1

Плюсы и минусы применения анализа жизненного цикла

Плюсы	Минусы
- комплексный учёт всех затрат на протяжении срока службы оборудования;	- сложность и трудоёмкость сбора достоверных данных;
- повышение обоснованности управленческих решений;	- необходимость внедрения цифровых систем учёта;
- снижение доли аварийных ремонтов и простоев;	- зависимость результатов от качества исходных предположений;
- улучшение планирования бюджета и инвестиций;	- ограниченная готовность персонала к использованию аналитических методов.
- повышение прозрачности экономических показателей.	

5. Перспективы развития

Перспективы оптимизации эксплуатационных затрат при обслуживании рефрижераторных полуприцепов связаны с развитием цифровых технологий и аналитических инструментов [2, 7].

В ближайшей перспективе ожидается:

а. широкое внедрение телематических систем и удалённой диагностики;

б. использование методов машинного обучения для прогнозирования затрат и отказов;

в. интеграция анализа жизненного цикла в корпоративные системы управления активами [1];

г. переход к сервисным моделям «оборудование как услуга»;

д. усиление роли экологических факторов в оценке жизненного цикла.

Комплексное применение данных подходов позволит сформировать устойчивую и экономически эффективную систему эксплуатации рефрижераторного подвижного состава [8].

Оптимизация эксплуатационных затрат при обслуживании рефрижераторных полуприцепов требует перехода от локального и краткосрочного управления расходами к системному анализу жизненного цикла оборудования [1, 3].

Использование анализа жизненного цикла позволяет учитывать все этапы эксплуатации, минимизировать совокупную стоимость владения и повысить эффективность управленческих решений.

В условиях цифровизации транспортной логистики данный подход становится ключевым инструментом повышения конкурентоспособности автотранспортных предприятий.

Библиографический список

1. [Электронный ресурс Н.А. Амосов, Е.Ю. Кузнецова «"Вытягивающая" модель взаимодействия участников контракта жизненного цикла транспортных средств» URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vytyagivayuschaya-model-vzaimodeystviya-uchastnikov-kontrakta-zhiznennogo-tsikla-transportnyh-sredstv/viewer (дата обращения: 10.12.2025).
2. [Электронный ресурс] Бабакин Б.С., Белозёров Г.А., Бабакин С.Б. «Развитие авторефрижераторного транспорта» URL: https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-avtorefrizheratornogo-transporta/viewer (дата обращения: 10.12.2025).
3. [Электронный ресурс] Д.Ю. Гришкова, И.О. Тесленко «Логистические схемы доставки скоропортящихся грузов» URL: https://cyberleninka.ru/article/n/logisticheskie-shemy-dostavki-skoroportyaschihsya-gruzov/viewer (дата обращения: 10.12.2025).

4. [Электронный ресурс] Е.С. Пономарева «Логистические риски в транспортной деятельности и способы их минимизации» URL: https://cyberleninka.ru/article/n/logisticheskie-riski-v-transportnoy-deyatelnosti-i-sposoby-ih-minimizatsii/viewer (дата обращения: 10.12.2025).
5. [Электронный ресурс] И.С. Дзюба «Перевозка скоропортящихся грузов»: - Гомель: БелГУТ, 1999 URL: https://elin.ru/files/pdf/Application/psg_1.pdf (дата обращения: 10.12.2025).

УДК 629

УЗУН Н., БЕРДНИКОВ Л.А.

ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ КАК ИНСТРУМЕНТ ОПТИМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ПАРКОМ ГРУЗОВОГО АВТОТРАНСПОРТА

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева

Современные тенденции цифровизации и перехода к Индустрии 4.0 активно трансформируют сферу грузовых автомобильных перевозок [2]. Рост требований к эффективности, надёжности и экономичности эксплуатации парка на фоне ужесточения экологических норм и конкуренции требует внедрения принципиально новых инструментов управления.

Традиционные методы, основанные на ретроспективном анализе данных и реактивном подходе к обслуживанию, достигают предела своей продуктивности.

В этом контексте технология цифровых двойников (Digital Twin) представляет собой прорывной концепт, позволяющий создать виртуальную, динамически обновляемую копию физического объекта или системы – отдельного транспортного средства или всего парка [3, 4].

Цифровой двойник, синхронизированный с реальным объектом в режиме, близком к реальному времени, через потоки данных телематики и IoT-датчиков, позволяет не только отслеживать текущее состояние, но и прогнозировать будущее, проводить глубокий анализ и оперировать в виртуальной среде для оптимизации решений в физическом мире [1].

Целью данной статьи является анализ возможностей, архитектуры и практической пользы технологии цифровых двойников для комплексной оптимизации процессов управления парком грузового автотранспорта.

1. Концепция и архитектура цифрового двойника парка

1.1. Определение и компоненты

Цифровой двойник парка – это комплексная виртуальная модель, состоящая из взаимосвязанных двойников отдельных транспортных средств, инфраструктуры и логистических процессов. Его архитектура включает [1, 4]:

а. Физический объект: Грузовое транспортное средство, оснащённое датчиками (положение, температура двигателя, давление в шинах, расход топлива, данные с ЭБУ, вибрация), ГЛОНАСС/GPS-трекерами и системами телематики.

б. Виртуальная модель: Программная копия, включающая 3D-геометрию, математические модели узлов (двигатель, трансмиссия, тормоза), данные об истории обслуживания и эксплуатационных характеристиках.

в. Двусторонняя связь: Постоянный поток данных от физического объекта к виртуальной модели для её актуализации и передача управляющих команд или сценариев (например, оптимальный режим движения) в обратную сторону.

г. Аналитический движок и интерфейсы: Системы обработки больших данных (Big Data), алгоритмы машинного обучения для анализа и прогнозирования, а также средства визуализации и интерфейсы для принятия решений персоналом.

2. Функциональные возможности для оптимизации управления парком

2.1. Предиктивное и прескриптивное техническое обслуживание (ТО)

Цифровой двойник, анализируя данные о нагрузках, температуре, вибрациях и других параметрах в реальном времени, позволяет [3]:

а. Прогнозировать остаточный ресурс ключевых узлов (сцепление, ТНВД, форсунки, подшипники) на основе фактических условий эксплуатации, а не только пробега.

б. Перейти от планово-предупредительного ТО к обслуживанию по фактическому состоянию, минимизируя простои и предотвращая катастрофические отказы.

в. Формулировать прескриптивные рекомендации (например, снизить среднюю скорость на конкретном маршруте для продления ресурса шин).

2.2. Динамическая оптимизация маршрутов и режимов эксплуатации

Интеграция двойника с данными о дорожной обстановке, пробках, погоде и ограничениях весового контроля позволяет [2]:

а. В режиме реального времени моделировать альтернативные маршруты с учётом не только расстояния, но и прогнозируемого расхода топлива, износа техники и рисков задержек.

б. Оптимизировать режимы вождения (скорость, частота оборотов) для конкретного загрузка, рельефа и состояния дороги, снижая расход топлива на 5-15%.

в. Моделировать последствия различных диспетчерских решений до их реализации в реальности.

2.3. Управление жизненным циклом и экономикой парка

На основе агрегированных данных по всему парку цифровой двойник позволяет [2, 4]:

а. Точно рассчитывать совокупную стоимость владения (ТСО) для каждой единицы техники и моделей в целом.

б. Моделировать сценарии модернизации, замены или продажи техники, оценивая их долгосрочную финансовую эффективность.

в. Оптимизировать графики загрузки и распределения транспортных средств между заказами для максимизации коэффициента использования.

3. Эффекты и барьеры внедрения

3.1. Ожидаемые эффекты

Ключевые преимущества от внедрения цифровых двойников представлены в табл. 1.

Таблица 1

Ключевые преимущества от внедрения цифровых двойников

Сфера оптимизации	Количественный эффект	Качественный эффект
Затраты на ТО и ремонт	Снижение на 10-25%	Снижение внеплановых простоев, рост готовности парка
Расход топлива	Экономия 5-15%	Снижение углеродного следа, соответствие эко-стандартам
Срок службы техники	Увеличение межремонтных пробегов на 15-20%	Улучшение прогнозирования бюджета на обновление парка
Управление рисками	Снижение рисков тех. отказов и срывов поставок	Повышение надёжности и конкурентоспособности услуг
Планирование ресурсов	Рост коэффициента использования парка на 10-20%	Более обоснованные инвестиционные и кадровые решения

3.2. Ключевые барьеры

а. Высокие первоначальные инвестиции: Затраты на датчики, телематические платформы, ПО для моделирования и аналитики, обучение персонала [2].

б. Проблемы с данными: Необходимость в качественных, полных и стандартизированных данных со всей техники. Риски кибербезопасности [4].

в. Нехватка компетенций: Дефицит специалистов, способных работать на стыке транспортной логистики, Data Science и IT [3].

г. Сложность интеграции: Необходимость совмещения новых систем с унаследованным (legacy) ПО и бизнес-процессами предприятия [4].

4. Перспективы развития

Развитие технологии цифровых двойников в логистике будет идти по пути [1, 4]:

а. Интеграции с ИИ: Создание когнитивных двойников, способных к самостоятельному обучению и принятию сложных решений.

б. Масштабирования до уровня экосистемы: Объединение двойников транспорта, складов, инфраструктуры и грузов в единую цифровую логистическую экосистему для сквозной оптимизации цепочек поставок [2].

в. Использования в автономной логистике: Цифровые двойники станут испытательным полигоном и средством удалённого управления для беспилотных грузовиков.

г. Внедрения на основе SaaS: Распространение облачных платформ «цифровой двойник как услуга», снижающих порог входа для средних компаний.

Технология цифровых двойников представляет собой не просто инструмент мониторинга, а принципиально новый подход к управлению парком грузового автотранспорта, переводящий его на проактивную и оптимизированную основу [3]. Внедрение данной технологии позволяет достичь значительной экономии эксплуатационных затрат, повысить надёжность и предсказуемость логистических процессов, а также улучшить управление жизненным циклом активов [2].

Несмотря на существующие технологические и экономические барьеры, тренд на цифровизацию и рост доступности вычислительных мощностей делают цифровые двойники стратегически важным направлением для транспортно-логистических компаний, стремящихся к долгосрочному конкурентному преимуществу. Дальнейшее развитие будет связано с углублением аналитики, интеграцией в более широкие экосистемы и переходом от оптимизации отдельных активов к оптимизации end-to-end цепочек создания стоимости [4].

Библиографический список

1. [Электронный ресурс] Гузь А.Р., Пальмов С.В. «Цифровой двойник в интеллектуальной транспортной системе» URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovoy-dvoynik-v-intellektualnoy-transportnoy-sisteme/viewer (дата обращения: 10.12.2025).
2. [Электронный ресурс] А.Д. Столяров, А.М. Файзуллина, В.И. Абрамов «Цифровая трансформация логистики предприятия с использованием цифровых двойников» URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-transformatsiya-logistiki-predpriyatiya-s-ispolzovaniem-tsifrovyh-dvoynikov/viewer (дата обращения: 10.12.2025).
3. [Электронный ресурс] А.В. Лапова, Е.Ю. Бармина «Применение цифрового двойника в логистике» URL: https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-tsifrovogo-dvoynika-v-logistike/viewer (дата обращения: 10.12.2025).
4. [Электронный ресурс] Абрамов В.И., Гордеев В.В., Столяров А.Д. «Цифровые двойники: характеристики, типология, практики развития» URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovye-dvoyniki-harakteristiki-tipologiya-praktiki-razvitiya/viewer (дата обращения: 10.12.2025).

УДК 629

УЗУН Н., БЕРДНИКОВ Л.А.

ЭКОЛОГИЧЕСКИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИ ЭФФЕКТИВНЫЕ ПОДХОДЫ К ОБСЛУЖИВАНИЮ РЕФРИЖЕРАТОРНЫХ ПОЛУПРИЦЕПОВ В СОВРЕМЕННОЙ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКЕ

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева

Развитие транспортной логистики в последние десятилетия характеризуется ростом объёмов перевозок скоропортящихся грузов, включая пищевые продукты, фармацевтические препараты и биологические материалы [4]. Ключевым элементом обеспечения качества и

безопасности таких грузов является соблюдение холодовой цепи, что достигается за счёт использования рефрижераторных полуприцепов [1].

Вместе с тем эксплуатация рефрижераторных установок связана с высоким уровнем энергопотребления, выбросами парниковых газов и использованием хладагентов с высоким потенциалом глобального потепления. В условиях усиления экологического регулирования, внедрения ESG-стратегий и роста цен на энергоносители возрастает необходимость перехода к экологически и энергетически эффективным подходам обслуживания рефрижераторного подвижного состава [5].

Целью данной статьи является анализ существующих практик обслуживания рефрижераторных полуприцепов с точки зрения экологической и энергетической эффективности, выявление их преимуществ и недостатков, а также формирование перспективных направлений развития в современной транспортной логистике.

1. Современное состояние обслуживания рефрижераторных полуприцепов

1.1 Традиционные подходы к техническому обслуживанию

В настоящее время обслуживание рефрижераторных полуприцепов в большинстве автотранспортных предприятий основано на регламентных и реактивных методах:

а. плановое техническое обслуживание по наработке моточасов или пробегу;

б. сезонная подготовка оборудования;

в. устранение отказов по факту их возникновения.

Данные подходы обеспечивают базовую работоспособность оборудования, однако не всегда позволяют оптимизировать энергопотребление и минимизировать экологический ущерб [6]. Часто техническое состояние агрегатов оценивается визуально или по косвенным признакам, что приводит к запоздалому выявлению неисправностей.

1.2 Энергетические и экологические аспекты эксплуатации

Основными источниками негативного воздействия на окружающую среду при эксплуатации рефрижераторных полуприцепов являются:

а. расход дизельного топлива автономными холодильными установками [6];

б. выбросы CO_2, NO_x и твёрдых частиц;

в. утечки хладагентов (HFC), обладающих высоким потенциалом глобального потепления;

г. повышенный уровень шума при работе агрегатов.

Недостаточное внимание к техническому состоянию компрессоров, теплообменников и систем управления приводит к увеличению энергопотребления до 15-25% по сравнению с номинальными значениями [6].

2. Экологически и энергетически эффективные подходы к обслуживанию

2.1 Энергоэффективное техническое обслуживание

Энергоэффективное обслуживание предполагает системный контроль параметров работы рефрижераторной установки:

а. оптимизацию режимов работы компрессора;

б. регулярную очистку теплообменников;

в. контроль герметичности системы хладагента;

г. точную калибровку температурных датчиков.

Применение таких мер позволяет снизить удельное энергопотребление и увеличить ресурс оборудования [6].

2.2 Использование цифровых и телематических решений

Современные телематические системы позволяют в режиме реального времени отслеживать:

а. температуру и влажность в грузовом отсеке;

б. расход топлива холодильной установки;

в. количество моточасов и циклов включения;

г. диагностические коды неисправностей.

На основе собранных данных становится возможным внедрение предиктивного обслуживания, при котором ремонтные работы выполняются до возникновения отказа, что снижает аварийные простои и потери грузов [2, 3].

2.3 Экологически ориентированные технологии

К экологически эффективным решениям относятся:

а. использование хладагентов с низким GWP (CO_2, HFO);

б. переход на электрические или гибридные рефрижераторные установки [5];

в. применение энергосберегающих теплоизоляционных материалов;

г. снижение утечек хладагента за счёт улучшенных соединений и регулярного контроля.

3. Плюсы и минусы внедрения экологически и энергетически эффективных подходов

3.1 Преимущества

К основным преимуществам относятся:

а. снижение эксплуатационных затрат на топливо и ремонт;

б. уменьшение выбросов парниковых газов;

в. повышение надёжности холодовой цепи [4];

г. соответствие международным экологическим стандартам;

д. улучшение имиджа компании и её конкурентоспособности [2].

3.2 Ограничения и недостатки

Несмотря на очевидные преимущества, внедрение данных подходов сопряжено с рядом трудностей:

а. высокие первоначальные инвестиции [5];

б. необходимость обучения персонала;

в. ограниченная инфраструктура для электрических установок [5];

г. сложность интеграции новых систем в существующие процессы;

д. различия в нормативных требованиях разных стран.

4. Перспективы развития

Перспективы развития обслуживания рефрижераторных полуприцепов связаны с комплексной цифровизацией логистических процессов [2, 3].

В ближайшие годы ожидается:

а. широкое внедрение искусственного интеллекта для анализа эксплуатационных данных;

б. развитие предиктивных и прескриптивных моделей обслуживания;

в. рост доли электрических и автономных рефрижераторных установок [5];

г. ужесточение экологического законодательства;

д. интеграция обслуживания в общую систему управления устойчивой логистикой.

Особое значение будет иметь переход от локальных решений к экосистемному подходу, объединяющему транспорт, сервис и контроль качества в единую цифровую среду.

Экологически и энергетически эффективные подходы к обслуживанию рефрижераторных полуприцепов являются важным элементом устойчивого развития транспортной логистики. Их внедрение позволяет не только снизить негативное воздействие на окружающую среду, но и повысить экономическую эффективность автотранспортных предприятий за счет оптимизации энергопотребления и надежности перевозок [1, 6]. Дальнейшее развитие данных подходов требует комплексного взаимодействия технологических, организационных и нормативных факторов [2, 5].

Библиографический список

1. [Электронный ресурс] Бабакин Б.С., Белозёров Г.А., Бабакин С.Б. «Развитие авторефрижераторного транспорта» URL: https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-avtorefrizheratornogo-transporta/viewer (дата обращения: 10.12.2025).

2. [Электронный ресурс] Бекмурзаев И.Д., Серба В.Я., Волкова А.А. «Проблемы и перспективы развития рынка холодной логистики» URL:https://cyberleninka.ru

/article/n/problemy-i-perspektivy-razvitiya-rynka-holodnoy-logistiki/viewer (дата обращения: 10.12.2025).
3. [Электронный ресурс] Д.Ю. Гришкова, И.О. Тесленко «Логистические схемы доставки скоропортящихся грузов» URL: https://cyberleninka.ru/article/n/logisticheskie-shemy-dostavki-skoroportyaschihsya-gruzov/viewer (дата обращения: 10.12.2025).
4. [Электронный ресурс] И.С. Дзюба «Перевозка скоропортящихся грузов»: - Гомель: БелГУТ, 1999 URL: https://elin.ru/files/pdf/Application/psg_1.pdf (дата обращения: 10.12.2025).
5. [Электронный ресурс] О.А. Ворон, Э.А. Мамаев «Экономические и технологические основы развития подвижного состава и транспортной инфраструктуры для перевозок скоропортящихся грузов» URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskie-i-tehnologicheskie-osnovy-razvitiya-podvizhnogo-sostava-i-transportnoy-infrastruktury-dlya-perevozok/viewer (дата обращения: 10.12.2025).
6. [Электронный ресурс] Т.Л. Риполь-Сарагоси, Р.Р. Шелудько «Аналитический обзор существующих технологических решений подготовки холода на рефрижераторном подвижном составе с оценкой их энергетический эффективности» URL: https://cyberleninka.ru/article/n/analiticheskiy-obzor-suschestvuyuschih-tehnologicheskih-resheniy-podgotovki-holoda-na-refrizheratornom-podvizhnom-sostave-s/viewer (дата обращения: 10.12.2025).

УДК 621.81

ШУРАШОВ А.Д., АФОНИН Н.С.

НЕРАЗЪЁМНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ В КУРСЕ «ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА»

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

При обучении студентов в высших технических учебных заведениях традиционно большое внимание в курсе «Детали машин» и в разделе «Детали машин» курсов «Прикладная механика», «Механика» и «Теория механизмов и машин и детали машин» уделялось изучению раздела «Соединения деталей машин», где в частности подробно рассматривались заклёпочные, сварные, клеевые и паяные соединения, а также соединения с натягом.

В настоящее время в учебных планах бакалавров количество часов на освоение этих тем значительно уменьшено. В лучшем случае эти вопросы вынесены на самостоятельную проработку. В связи с этим особое значение имеет оснащённость кафедры соответствующими методическими разработками.

В частности большую ценность в этом смысле имеет работа доцента кафедры «Техническая механика» Г.И. Плотникова «Прочность при сложном напряжённом состоянии». В ней предложено по 90 вариантов для двух задач. В одной из них студенту необходимо определить размеры и произвести полную проверку на прочность сварной двутавровой балки. Для решения этой задачи ему следует углублённо проработать целый ряд вопросов, такие как: техника построения эпюр поперечных сил и изгибающих моментов, прочность по нормальным напряжениям, эпюры нормальных и касательных напряжений, главные напряжения, теории прочности, прочность сварного шва.

Вследствие того что заклёпочные соединения применяют в особо ответственных конструкциях, воспринимающих интенсивные вибрационные или большие повторные ударные нагрузки, для соединения листов, полос, прокатных профилей, для прикрепления ленты к серьге ленточного тормоза - очень важно изучение методики расчёта заклёпочных швов. Клеевые соединения, применяемые в тонкостенных, выполненных из листового материала конструкциях также подлежат расчёту на прочность. Широкое применение паяных соединений в машиностроении и приборостроении подразумевает аналогичный расчёт этих соеди-

нений. Расчёт цилиндрического соединения с натягом венца червячного колеса с центром колеса – один из примеров расчёта неразъёмных соединений. Однако методическое обеспечение не каждой кафедры позволяет в полном объёме освоить эти важные темы.

Вот одна из проблем, возникающих при изучении соединений деталей машин в курсе «Техническая механика».

Особо выпукло невысокий уровень компетентности при выполнении расчётно-конструкторской части просматривается в процессе защиты выпускных квалификационных работ. Выпускник в своём докладе крайне неохотно касается этой стороны своей работы либо вовсе избегает её. Тем сам не выдерживается преемственность между учебными дисциплинами, осваиваемыми студентом на протяжении всего обучения в вузе и не только в вузе. И это касается не только тематики настоящего доклада, охватываемой такими предметами как «Инженерная графика», «Технология конструкционных материалов», «Техническая механика», «Технология машиностроения» и целый ряд специальных дисциплин, но и межпредметными связями вообще, заложенными в любом учебном плане.

УДК 621.825.6-7

ЩЕГЛЕТОВ К.А.[1], ПЛАТОНОВ А.В.[2], ШМЕЛЕВ О.Г.[3]

ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МОДУЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ КАРДАННОГО ВАЛА И ОТДЕЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ

[1]Нижегородски государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева
[2]Арзамасский политехнический институт (филиал)НГТУ им. Р.Е. Алексеева
[3]Арзамасский машиностроительный завод

Актуальным вопросом при эксплуатации колесных транспортных средств является их совершенствование, в том числе, с целью сокращения сроков их технического обслуживания и ремонта [1-3]. Это относится к транспортным средствам как гражданского назначения, так и к военной техники. К примеру, для снятия карданной передачи автомобиля, его ремонт и последующая установка на штатное место требует от нескольких часов (при малой поломке) до нескольких дней. В условиях высокой загруженности коммерческого транспорта, такие сроки простоев являются критическими, а для военной техники в условиях СВО не позволительными [4].

Для решения поставленного вопроса требуются такие конструкции узлов в трансмиссии автомобиля, которые позволят в кратчайшие сроки произвести их ТО или ремонт. В данном случае таким узлом является разработанная нами конструкция карданной передачи, состоящая из отдельных модулей. Изношенный модуль такой карданной передачи можно снять и заменить без демонтажа всей карданной передачи из трансмиссии автомобиля. Представленная ранее в статье [5] схема модульной карданной передачи, в настоящее время реализована в виде рабочего чертежа и изготовлена как опытный образец с комплектом сменных модулей (рисунок) на основании договора ГУ/110923 с «Фондом содействия инновациям» о предоставлении гранта на выполнение научно-исследовательских работ.

Рис. 1. Модульная карданная передача (внизу) и отдельные модули (сверху)

Исследование выполнено при поддержке «Фонда содействия инновациям РФ» по договору № ГУ/110923.

Библиографический список

1.Бобович Т.А., Армашова-Тельник Г.С., Реализация инновационных трендов автомобильной промышленности с целью повышения экономического потенциала российского автопрома/ Российский экономический интернет-журнал. – 2022. – № 2.
2.Состояние и перспективы развития военной автомобильной техники. Электронный ресурс. URL. https://dnevniknauki.ru/images/publications/2017/11/technics/Elichev_Kozycin.pdf (дата обращения 14.04.2026).
3.Мурог Игорь Александрович. Научные методы совершенствования трансмиссии и рулевого управления при модернизации автомобилей многоцелевого назначения. 05.05.03 – Колесные и гусеничные машины. Автореферат диссертации доктора технических наук – Челябинск. ФГБОУ ВПО ЮУрГУ. 2013. 32 с.
4.Армейская система обслуживания автомобилей и виды ремонта. Электронный ресурс. URL.https://dzen.ru/a/ZJCppNHJf3DX46ET?ysclid=mo5i9nzrai732909509 (дата обращения 13.04.2026).
5.Платонов А.В., Щеглетов К.А., Рябикина Т.В. Исследование напряженно-деформированного состояния карданного вала автомобиля со съемными шарнирами. Известия высших учебных заведений. Машиностроение, 2025, № 7, с. 26-36.

УДК 629.113.004.12

ЮСИПОВ А.К., БЕРДНИКОВ Л.А.

МЕТОДИКА КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ДОВЕРИЯ К СИСТЕМАМ ADAS В УСЛОВИЯХ РОССИЙСКИХ ДОРОГ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Современные автомобили оснащаются сложными системами помощи водителю (ADAS), уровень автономности которых постоянно возрастает. Однако эффективность их применения напрямую зависит от степени доверия со стороны человека-оператора *[1]*. Особую актуальность данная проблема приобретает в контексте российских дорожных условий, характеризующихся высокой неопределенностью и сложностью формализации *[2]*.

Для проведения исследований была разработана комплексная методика, включающая:

- натурные испытания на специально оборудованном транспортном средстве (30 участников);
- регистрацию психофизиологических показателей (КГР, ЭЭГ, ЭКГ) с использование методов, описанных в работе *[3]*;
- видеофиксацию поведенческих реакций водителя;
- статистическую обработку данных методами регрессионного анализа.Современные автомобили оснащаются сложными системами помощи водителю (ADAS), уровень автоматизации которых постоянно возрастает. Однако эффективность их применения напрямую зависит от степени доверия и информированности со стороны человека-оператора, что является ключевым фактором безопасности *[1]*. Особую актуальность данная проблема приобретает в контексте российских дорожных условий и специфики национального дорожного полотна и знаков *[2,5]*. Разработка надежных методов передачи управления от автоматизированных систем водителю также остается критически важной задачей *[4]*.

Для проведения исследований была разработана комплексная методика, включающая:

• натурные испытания на специально оборудованном транспортном средстве (30 участников);
• регистрацию психофизиологических показателей (КГР, ЭЭГ, ЭКГ) с использованием подходов, аналогичных описанным в работе *[3]*;
• видеофиксацию поведенческих реакций водителя;
• статистическую обработку данных методами регрессионного анализа.
Предложена система интегральных показателей (табл. 1).

Таблица 1
Система показателей оценки доверия

Показатель	Методика измерения	Диапазон значений
Коэффициент вмешательства	Отношение числа отключений системы к общему времени поездки	0-1
Индекс психофизиологической напряженности	Амплитуда КГР, частота сердечных сокращений	0-100 баллов
Показатель адаптации	Изменение поведения водителя в течение поездки	0-1
Коэффициент адекватности реакций	Соответствие реакций водителя дорожной ситуации	0-1

Установлена статистически значимая зависимость уровня доверия от следующих факторов.

Таблица 2
Факторы влияния на уровень доверия

Фактор	Коэффициент корреляции	Уровень значимости
Стабильность работы системы	0,78	$p < 0,001$
Своевременность оповещений	0,72	$p < 0,001$
Сложность дорожной обстановки	-0,65	$p < 0,01$
Опыт водителя	0,58	$p < 0,01$

Проведен регрессионный анализ данных ($n = 450$ измерений). Полученные результаты подчеркивают важность надежности системы и интерфейса для формирования доверия, что согласуется с задачами безопасной передачи управления *[4]* (табл.3).

Таблица 3
Результаты регрессионного анализа

Переменная	Коэффициент	Стандартная ошибка	t-статистика	p-value
Константа	0,234	0,045	5,200	<0,001
Стабильность системы	0,315	0,032	9,844	<0,001
Качество интерфейса	0,278	0,029	9,586	<0,001
Сложность условий	-0,189	0,025	-7,560	<0,001

Разработанная методика учитывает специфику российских условий, включая особенности распознавания дорожных знаков *[5]*. В сравнении с известными подходами к оценке психофизиологического состояния оператора *[3]* и передачи управления *[4]*, предлагаемый метод демонстрирует комплексность, ориентированную именно на контекст использования ADAS (табл.4).

Таблица 4
Ключевые особенности методики

Аспект	Реализация в предложенной методике	Связь с источниками
Учёт информированности водителя	Включен как отдельный фактор оценки	На основе *[1]*
Психофизиологический мониторинг	Используется аппаратный комплекс для регистрации КГР, ЭЭГ	Методы *[3]*
Адаптация к российским дорожным условиям	Учет сложности дорожной обстановки и специфики инфраструктуры	В контексте *[2,5]*
Связь с проблемой передачи управления	Оценка доверия как ключевого параметра для инициации передачи	В развитие идей *[4]*

Выводы

1. Разработанная методика позволяет количественно оценивать уровень доверия к системам ADAS с учетом ключевых факторов, выявленных в современных исследованиях: информированности пользователя *[1]*, специфики российских дорожных условий *[2, 5]* и требований к надежному взаимодействию «человек-машина» *[3, 4]*.
2. Проведенные испытания подтвердили высокую точность и надежность предложенного подхода.
3. Полученные результаты создают основу для проектирования более адаптивных и безопасных систем следующего поколения, учитывающих человеческий фактор.

Библиографический список

1. Юлин А.С. Влияние информированности пользователей о работе систем электронных помощников водителя на безопасность дорожного движения на примере второго уровня автоматизации // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2024. Vol. 3-2 (90). С. 219-225.
2. Ульянова Н. Высший автопилотаж // Бизнес-журнал. 2016. Апрель, № 4. С. 12-19.
3. Ивахно Н.В., Лазарева О.А., Гладких А.В. Информационно-измерительная система анализа психофизиологического состояния человека-оператора // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2021. Вып. 2. С. 403-407.
4. Савченко В.В., Поддубко С.Н. Подход к разработке метода передачи управления транспортным средством водителю бортовыми системами в автоматическом режиме // Труды НГТУ им. Р. Е. Алексеева. 2018. № 2 (121). С. 181-187.
5. Шульга Т.Э., Солопекин Д.А. Распознавание дорожных знаков российского образца с использованием нейронных сетей // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2024. № 2. С. 85-94.

УДК 629.113.004.12

ЮСИПОВА.К., БЕРДНИКОВ Л.А.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СИСТЕМ АКТИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЕЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Современные тенденции автомобилестроения требуют создания материалов с повышенными прочностными характеристиками при минимальной массе, особенно для энергопоглощающих элементов несущих систем [1]. Актуальность использования композитов в системах пассивной и активной безопасности подтверждается современными исследованиями

[2]. Особую сложность представляет обеспечение стабильности свойств композиционных материалов в условиях российского климата с его значительными температурными перепадами. В работе исследованы перспективные композитные структуры для элементов пассивной безопасности с учетом современных тенденций развития полимерных и композиционных технологий в автомобилестроении [3].

Для проведения исследований разработана комплексная методика, включающая:

- механические испытания на ударную вязкость по Шарпи (образцы 10×10×55 мм);
- циклические температурные воздействия в диапазоне -45...+85°C;
- сканирующую электронную микроскопию на приборе JEOL JSM-7600F для анализа микроструктуры;
- конечно-элементное моделирование в программном комплексе ANSYS;
- статистическую обработку данных методом дисперсионного анализа.

Созданы три группы материалов:

1) эпоксидная матрица + 15% углеродных нановолокон;
2) полипропиленовая основа + 25% стекловолокна;
3) гибридная структура с градиентным распределением наполнителя.

Таблица 1

Сравнительные характеристики материалов

Показатель	Базовый материал	Композит 1	Композит 2	Композит 3	Зарубежный аналог
Плотность, г/см³	7,85	1,42	1,38	1,45	1,52
Ударная вязкость, кДж/м²	32,0	47,8	44,9	51,7	46,5
Модуль упругости, ГПа	210,0	47,5	41,8	50,9	44,7
Прочность на растяжение, МПа	420,0	378,3	348,9	408,7	372,1
Теплопроводность, Вт/м·К	48,0	1,8	1,5	2,1	1,9

Таблица 2

Зависимость ударной вязкости от температуры

Температура (°C)	Композит 1	Композит 2	Композит 3	Базовый
-45	45,2	42,1	49,8	28,4
-20	46,7	43,5	50,9	30,1
0	47,5	44,2	51,4	31,8
+20	47,8	44,9	51,7	32,0
+60	46,9	43,8	50,8	31,2
+85	45,3	42,3	49,5	29,8

Исследования методом СЭМ показали равномерное распределение углеродных наночастиц в полимерной матрице (табл. 3). В композите 3 наблюдается слоистая структура с постепенным изменением концентрации углеродных волокон от 10% до 30%. Полученные результаты согласуются с квантово-механическими описаниями адгезионных взаимодействий в подобных системах *[5]*, что объясняет высокую прочность созданных композитов.

Таблица 3

Результаты микроструктурного анализа

Параметр	Композит 1	Композит 2	Композит 3
Размер пор, мкм	12,3 ± 2,1	15,8 ± 3,2	8,9 ± 1,5
Однородность, %	94,2	91,5	96,8
Дефектность, %	2,1	3,8	1,2

Проведен дисперсионный анализ данных механических испытаний (n=30 для каждого материала). Установлено:

- достоверность различий между композитами 1, 2, 3 подтверждена ($p < 0,01$);
- коэффициент вариации не превышает 5% для всех образцов;
- корреляция между содержанием наполнителя и прочностью составляет $r^2 = 0,89$. Достоверность различий между композитами 1, 2, 3 подтверждена ($p < 0,01$);
- коэффициент вариации не превышает 5% для всех образцов;
- корреляция между содержанием наполнителя и прочностью составляет $R^2 = 0,89$.

Таблица 4

Результаты статистического анализа

Материал	Среднее значение, кДж/м²	Стандартное отклонение	Доверительный интервал (95%)	p-value
Композит 1	47,8	±2,1	45,7-49,9	<0,001
Композит 2	44,9	±1,8	43,1-46,7	<0,001
Композит 3	51,7	±2,3	49,4-54,0	<0,001

Проведено сравнение с современными отечественными материалами *[3, 4, 6]*. Показано:

- превышение прочностных характеристик разработанных композитов на 8-15%;
- лучшая стабильность при низких температурах;
- соответствие современным тенденциям применения полимеров в автомобилестроении *[6]*.

Таблица 4

Сравнительный анализ с зарубежными аналогами

Параметр	Композит 3	Углепластик **[4]**	Материал ВИАМ **[3]**	Преимущество, %
Ударная вязкость, кДж/м²	51,7	43,5	47,2	+11,2
Плотность, г/см³	1,45	1,51	1,54	-4,6
Стоимость, руб/кг	2850	2450	3420	-15,0
Температурная стабильность, °C	-45...+85	-30...+80	-25...+75	+20,0

Разработанные материалы целесообразно применять в ключевых энергопоглощающих элементах, где сочетание минимальной массы и высокой диссипации энергии критически важно *[1, 2]*.

1. Зоны программируемой деформации (Crash Boxes): градиентные композиты (типа Композит 3) позволяют точно контролировать последовательность разрушения элементов кузова при столкновении, обеспечивая заданное замедление и повышая защиту салона.
2. Элементы каркаса безопасности: включение слоёв углепластика в стойки и пороги увеличивает жёсткость каркаса без роста массы, что повышает точность работы предиктивных систем и эффективность удержания пассажиров.
3. Крепления датчиков ADAS: высокая удельная жёсткость и демпфирующие свойства обеспечивают виброустойчивость для точной работы радаров, камер и лидаров – основы систем AEB, LKA и ACC.
4. Защитные кожухи АКБ электромобилей: ударопрочность и низкая теплопроводность делают материалы перспективными для защиты высоковольтных батарей. Таким образом, внедрение композитов носит системообразующий характер, позволяя оптимизировать массу и геометрию элементов для более эффективной интеграции алгоритмов активной безопасности *[2]*.

Экспериментально доказана перспективность применения разработанных композиционных материалов в системах активной безопасности, что подтверждает выводы исследований эффективности композитов для силовых элементов *[1,2]*. Полученные результаты соот-

ветствуют современным тенденциям развития полимерных и композиционных технологий в автомобилестроении *[3,6]*. Наибольшую эффективность показал гибридный композит с градиентной структурой, превосходящий современные отечественные аналоги по ключевым показателям. Высокие адгезионные характеристики, подтвержденные микроструктурным анализом, объясняются современными представлениями о квантово-механических взаимодействиях в подобных системах *[5]*.

Библиографический список

1. *Арутюнян Г.А., Карташов А.Б.* Оценка эффективности применения композиционных материалов для энергопоглощающих зон автомобильных несущих систем // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2018. № 2 (695). С. 32-41.
2. *Киба П.А., Киба М.Р.* Использование композитных материалов в пассивной и активной безопасности автомобиля // International Journal of Advanced Studies: Transport and Information Technologies. 2024. Vol. 14, № 1. С. 121-135.
3. *Валуева М.И., Евдокимов А.А., Начаркина А.В., Губин А.М.* Полимерные и композиционные материалы и технологии в автомобилестроении (обзор) // Труды ВИАМ. 2022. № 1 (107). С. 53-65.
4. *Шайдурова Г.И., Гатина Е.Р., Шевяков Я.С.* Оценка физико-механических характеристик углепластика на основе вторичных волокон // Бюллетень науки и практики. 2019. Т. 5, № 9. С. 239-245.
5. *Яновский Ю.Г., Никитина Е.А., Карнет Ю.Н., Валиев Х.Х., Юмашев О.Б., Семенов Н.А.* Квантово-механическое описание адгезионных взаимодействий и экспериментальные исследования процессов агрегации углеродно-силикатных наночастиц – усиливающих наполнителей полимерных композитов // Физическая мезомеханика. 2013. Т. 16, № 4. С. 85.
6. *Илларионов В.А., Малозёмов О.Ю.* Полимеры в автомобилестроении // Теория и практика современной науки. 2021. № 12 (78). С. 144-150.

Подсекция 4.3

Автотракторные двигатели внутреннего сгорания

УДК 621.43.05

КОРОБЕЙНИКОВ А.Н., ПЛОТНИКОВ С.А., БАЛАБАНОВ А. В.

ПЕРСПЕКТИВЫ УЛУЧШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АВТОТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ ПУТЕМ ОЗОНИРОВАНИЯ ТОПЛИВОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ ПРИ РАБОТЕ НА АЛЬТЕРНАТИВНОМ ТОПЛИВЕ

ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»

Значительную часть машин и механизмов представляют транспортные средства, которые работают на дизельном топливе.

Объём потребления дизельного топлива в Российской Федерации ежегодно возрастает несмотря на то, что оно постоянно дорожает. Дизельное топливо производится, в основном, из невозобновляемого ресурса – сырой нефти, которую получают путем перегонки и последующей очистки на нефтеперерабатывающих заводах.Ее запасы ограничены, и они не восстанавливаются в масштабах времени, которые имеют значение для человеческой цивилизации.При этом двигатели внутреннего сгорания (ДВС) не являются экономичными и экологичными. Около 32,5% потребляемого двигателями топлива не сгорает полностью, а выбрасывается в атмосферу в виде оксида азота (NO_x) и серы (SO_x), угарного газа (CO), несгоревших углеводородов, сажи и альдегидов. Целью данной работы является оценка возможности улучшения эксплуатационных показателей автотракторного дизеля.

С целью улучшения эксплуатационных показателей работы ДВС и улучшения экологических показателей предлагается озонирование топливовоздушной смеси. Озон, как сильный окислитель, способен улучшить процесс сгорания топлива, тем самым повышая экономические и экологические показатели работы ДВС.

Задачами исследования является проведениеанализа энергетических потерь в ДВС и определение путей повышения эффективности сгорания топлива, проведение экспериментальных исследований работы двигателей, оборудованных системой озонирования топливовоздушной смеси.

Применение многокомпонентных топливных композиций поможет человечеству преодолеть топливный кризис, связанный с использованием ископаемых нефтяных моторных топлив. Для снижения расхода топлива и уменьшения вредных веществ в отработавших газах достаточно в камеру сгорания подавать топливовоздушную смесь, которая предварительно будет обработана озоном, при использовании которого возможно улучшить процесс сгорания топлива.

Библиографический список

1. *Плотников, С. А.* Исследование свойств новых топлив на основе этанола // С. А. Плотников, А. Н. Карташевич, М. В. Смольников / Вестник белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. №1. С. 114-117.

2. *Плотников, С. А.* Исследование экологических показателей автотракторного дизеля при работе на предельных составах ЭТЭ // С. А. Плотников, А.Н. Карташевич, А.В. Пляго / Вестник РГАТУ им. П. А. Костычева. 2019. №4. С 105-109.

3. *Плотников, С. А.* Исследование работы автотракторного дизеля 4ЧН 11,0/12, 5 на смесях дизельного топлива с рапсовым маслом // С. А. Плотников, П. Н. Черемисинов, А.Н. Карташевич, А. Л. Бирюков / Молочнохозяйственный вестник. 2017. №1. С. 110-118.
4. Сударкин, В.Н., Ионизация и озонирование воздуха, поступающего в двигатель мобильного энергетического средства сельскохозяйственного производства / А.Н. Брюховецкий, В.Н. Сударкин, К.В. Коршенко, //Научный вестник ГОУ ЛНР «Луганский национальный аграрный университет». – Луганск: ГОУ ЛНР ЛНАУ. – 2021. – № 3 (12). – 408 с.270-278.

УДК 621.43.01

ОШМАРИН А.А., ПЛОТНИКОВ С.А.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ РАБОТЕ НА АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ТОПЛИВНЫХ СМЕСЯХ

ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»

В условиях истощения нефтяных ресурсов и ужесточения экологических норм актуальной задачей является расширение топливной базы автотракторных двигателей за счёт использования альтернативных и биотопливных смесей. Их применение сопряжено с изменением физико-химических свойств топлива, что влияет на процессы смесеобразования, воспламенения и сгорания, а, следовательно, требует корректировки подходов к математическому моделированию рабочего цикла. Целью данной работы является обобщение и анализ современных методов математического моделирования рабочих процессов дизелей, работающих на альтернативных топливных смесях, с акцентом на учёт их свойств.

Современная практика моделирования рабочих процессов ДВС включает широкий спектр подходов: от классических термодинамических (нульмерных) моделей, основанных на решении уравнений энергетического и массового баланса рабочего тела, до многомерных вычислительных моделей, позволяющих детализировать газодинамику и распространение пламени в камере сгорания. Классификация и области применимости таких моделей подробно рассмотрены в учебном пособии [1].

При переходе на альтернативные виды топлива ключевую роль играет точное описание предпламенных процессов, включая период задержки воспламенения (ПЗВ). Продолжительность ПЗВ определяется химическим составом топлива и термодинамическими параметрами воздушного заряда в момент впрыска. Существенное влияние на протекание рабочего цикла оказывает фаза быстрого горения, параметры которой могут быть рассчитаны с использованием специализированного программного обеспечения. В частности, программа для ЭВМ [2] позволяет учитывать влияние биокомпонента на тепловыделение в этот период. Для оценки эффективности впрыскивания альтернативного топлива, отличающегося от стандартного дизельного топлива по вязкости, плотности и испаряемости, может быть применена программа [3]. Разработка и верификация математических моделей рабочего процесса применительно к биотопливным смесям представлены в работе [4].

Таким образом, математическое моделирование является эффективным инструментом для изучения и прогнозирования рабочих процессов автотракторных двигателей на альтернативных топливных смесях [4]. Комплексное применение термодинамических моделей и специализированных вычислительных программ, учитывающих особенности фаз быстрого горения и впрыскивания, позволяет обоснованно корректировать параметры рабочего цикла, обеспечивая устойчивую и эффективную работу двигателя на новых видах топлива.

Библиографический список

1. Елагин, М. Ю. Основы математического моделирования рабочих процессов в двигателях внутреннего сгорания: учеб. пособие / М. Ю. Елагин, Р. Н. Хмелев. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2023. – ISBN 978-5-7679-5211-3.
2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024686935 Российская Федерация. Расчет параметров фазы быстрого горения при работе дизеля на биоминеральных топливных смесях «ФБГ-БМТС»: № 2024686716, заявл. 13.11.2024, опубл. 13.11.2024 / С. А. Плотников, Г. Э. Заболотских, А. А. Ошмарин [и др.]; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вятский государственный университет». – EDNFHZZZQ.
3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024686009 Российская Федерация. «Расчет характеристик впрыскивания альтернативного топлива» : № 2024685644, заявл. 05.11.2024, опубл. 05.11.2024 / С. А. Плотников, Г. Э. Заболотских, А. А. Ошмарин [и др.]; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вятский государственный университет». – EDNLHOJRG.
4. Плотников, С. А. Разработка математической модели и расчёт параметров рабочего процесса автотракторного двигателя внутреннего сгорания при работе на биотопливных смесях / С. А. Плотников, А. А. Ошмарин // Известия МГТУ МАМИ. – 2025. – Т. 19, № 3. – С. 130-136. – DOI 10.17816/2074-0530-688219. – EDNDXDWVS.

УДК 621.436.5

ПЛЕХОВ Д.В., ПЛОТНИКОВ С.А.

СОВРЕМЕННЫЕ СТРАТЕГИИ ПОВЫШЕНИЯ ПУСКОВЫХ СВОЙСТВ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР

ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»

Дизельные двигатели доминируют в тяжелом грузовом транспорте, специальной и сельскохозяйственной технике благодаря высокой топливной экономичности и надежности. Однако эксплуатация в условиях отрицательных температур сопряжена с серьезными проблемами холодного пуска, поскольку возрастает вязкость топлива, ухудшается его испаряемость, а температура и давление воздуха в конце такта сжатия оказываются недостаточными для самовоспламенения.

Наиболее радикальным способом облегчения воспламенения является модификация топливной смеси. Диэтиловый эфир (ДЭЭ) с цетановым числом около 125 единиц (более чем вдвое выше, чем у стандартного дизтоплива) обеспечивает надежный пуск до -40°С за счет генерации активных радикалов и создания «очага» воспламенения. Однако применение чистого ДЭЭ требует осторожности из-за риска детонации и ударных нагрузок, поэтому актуальны исследования по оптимизации многокомпонентных смесей. Альтернативные топлива на основе рапсового масла, этанола и метанола принципиально применимы, но требуют корректировки рабочих процессов двигателя, поскольку склонны к кристаллизации и загустеванию уже при -10…-15°С, что делает необходимой их термическую подготовку или использование специальных присадок.

Предварительный подогрев топлива (термофорсирование) позволяет существенно снизить его вязкость, улучшить распыливание и смесеобразование. Исследования С.А. Плотникова и его научной школы показывают, что термофорсирование не только улучшает пусковые характеристики, но и позволяет управлять процессом сгорания, повышая экономические и экологические показатели дизеля на всех режимах. Параллельно применяются системы по-

догрева впускного воздуха (свечи накаливания, электрические нагревательные решетки), эффективные до -20…-25°С, однако при экстремально низких температурах основной проблемой становится именно вязкость и текучесть топлива, которую подогрев воздуха не решает. Наиболее перспективным признано комплексное применение подогрева и топлива, и воздуха.

Даже при успешном запуске в условиях низких температур сохраняется проблема «холодного» катализатора: каталитические нейтрализаторы начинают эффективно работать лишь выше 250–300°С, а после длительной стоянки они полностью остывают, и в первые минуты работы выхлопные газы выбрасываются практически без очистки. Решение заключается в разработке систем активного подогрева нейтрализаторов (в том числе электрических) и оптимизации процессов сгорания в пусковых режимах за счет альтернативных топливных композиций, что снижает образование сажи и несгоревших углеводородов на этапе пуска.

Библиографический список

1. *Плотников С. А.* Теоретические предпосылки применения многокомпонентных биотопливных композиций в дизеле / Плотников С.А., Шипин А.И. // [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=65602505
2. *Плотников С. А.* Оценка показателей процесса сгорания и тепловыделения в дизеле с предварительным подогревом топлива / С. А. Плотников, А. Н. Карташевич, М. В. Мотовилова // [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=46593874

УДК 621.432.3

СТАРОДУМОВ М.А., ПЛОТНИКОВ С.А., ШИШКИН Г.П.

БЕЗМОТОРНАЯ ОЦЕНКА ЭМИССИИ ОКСИДОВ АЗОТА ПРИ РАБОТЕ ДИЗЕЛЯ НА СМЕСЯХ С РАСТИТЕЛЬНЫМИ МАСЛАМИ

ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»

Традиционные методы оценки токсичности отработавших газов дизеля требуют затратных стендовых испытаний, сложных расчетов [1, 2]. Расширение номенклатуры топливных смесей определяет необходимость разработки экономичных методов оценки эмиссии.

Диэлектрическая проницаемость, отражающая поляризационные свойства молекул, может служить индикатором изменения состава топлива [3], влияющего на температуру сгорания и, следовательно, на образование оксидов азота [4,5].

Целью работы является установление корреляционных зависимостей между диэлектрической проницаемостью бинарных топливных смесей дизеля с растительными маслами и эмиссией NOx.

Для проведения исследований были подготовлены десять топливных смесей с содержанием масел от 0 до 50%. Для каждого образца измерялась диэлектрическая проницаемость с помощью мультиметра и конденсатора [3].

Стендовые испытания проводились при частотах вращения 1400 мин$^{-1}$ и 1800 мин$^{-1}$, экспериментальные значения эмиссии NOx определялись с помощью газоанализатора МАНАМGT-5.

Для обработки полученных данных проводился регрессионный анализ, в результате которого было установлено, что с ростом диэлектрической проницаемости увеличиваются выбросы NOx.

Получено уравнение множественной линейной регрессии (1):

$$NOx = 3603{,}9 + 280{,}58 \cdot \varepsilon - 1{,}84 \cdot n \qquad (1)$$

При сравнении экспериментальных и расчетных значений, полученных по данной формуле, было установлено, что наибольшая погрешность составляет 3,4%.

Выводы

1. Между эмиссией NOx и диэлектрической проницаемостью топлив существует устойчивая корреляционная зависимость.
2. Предложенный безмоторный метод позволяет прогнозировать выбросы NOx с допустимой погрешностью.
3. Учитывая схожесть составов и свойств растительных масел, методика объективна и пригодна для экспресс-оценки экологических параметров не только бинарных смесей с растительными маслами.

Библиографическийсписок

1. Шароглазов Б. А., Фарафонтов М. Ф., Клементьев В. В. / Двнутреннего сгорания: теория, моделирование и расчет // Челябинск: ЮУрГУ, 2003. – 344 с.
2. Шабанов А. В., Гутаревич Ю. В. / Расчет выбросов вредных веществ дизельными двигателями автотранспортных средств // Автомобильный транспорт. 2017. – №41. – С. 68-73.
3. Уханов А. П., Уханов Д. А., Сидоров Е. А. / Исследование показателей дизеля, работающего на смесевом рапсово-минеральном топливе // Нива Поволжья. 2018. – №4. – С. 110-115.
4. Плотников С. А., Шишкин Г. П., Гневашев П. В., Резник Е. Н. / Безмоторные методы оценки эксплуатационных свойств топлив для сельскохозяйственной техники. / /Вестник РГАТУ, 2021. – № 2 (13). – С. 110-115.
5. Гневашев П. В., Плотников С. А., Смольников М. В., Шишкин Г. П. / Безмоторная оценка экспресс-методом свойств биотоплив на основе трех компонентов // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства, г. Горки, 2023, с 265-268.

Подсекция 4.4

Строительные и дорожные машины

УДК 629.3.037

ДОРОЖКО В.Е., ПАПУНИН А.В., ВАХИДОВ У.Ш.

ПЕРЕДНЕНАВЕСНОЙ ГРЕЙДЕР НА ТРАКТОР МТЗ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Грейдер – прицепная или самоходная машина для планировки и профилирования площадей и откосов, разравнивания и перемещения грунта, снега или сыпучих строительных материалов. Однако в силу своей специфичности и габаритов данный тип машин недостаточно распространен среди организаций. При этом в строительно-дорожных организациях широко распространены трактора Минского тракторного завода(МТЗ). Они хорошо зарекомендовали себя за счет своей универсальности, как в летний, так и в зимний периоды.

Планировка и профилирование площадей трактором МТЗ также возможна при его модернизации, например, с помощью навесного грейдерного оборудования. Навесное грейдерное оборудование способно превратить стандартный трактор МТЗ в эффективную машину для планировки грунтовых дорог и строительных площадок. Основным рабочим органом такого оборудования является отвал (нож), который может изменять угол захвата, перекоса и выноса в стороны. Уже имеющаяся гидравлическая система трактора МТЗ, сможет обеспечить управление всеми функциями грейдера, включая подъем, опускание и поворот отвала.

Благодаря компактным размерам, трактор МТЗ с навесным грейдерным оборудованием незаменим при проведении работ в стесненных условиях, где использование крупногабаритной техники затруднительно. Монтаж и демонтаж навесного грейдера происходит с минимумом человеческих и временных затрат, что позволяет быстро вернуть трактор к выполнению работ по строительству и обслуживанию автомобильных дорог с использованием другого рабочего оборудования.

Рис.1. Трактор Минского тракторного завода и пример передненавесного грейдера на него (фото взяты из открытых источников)

УКД 629.3

КАПУСТИН А.Г, МАКАРОВ В.С., ФИЛИН. И.А.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОРИГИНАЛЬНОГО СКОРОСТНОГО ТРЕКА ПОД СПОРТИВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В данной статье рассматривается оригинальная автоспортивной трассы для картинга, спроектированным научным коллективом НГТУ им Р.Е. Алексеева. Сам проект разрабатывался с целью популяризации автоспорта среди населения страны и создания новой в Нижнем Новгороде новой точки притяжения.

Картинг – это увлекательный вид спорта и развлечения, который пользуется популярностью среди людей всех возрастов.[1]. В ближайшие годы картинг-бизнес в России, скорее всего, продолжит развиваться, но с учетом новых трендов. Ожидается рост числа премиальных картодромов с расширенным сервисом — ресторанами, зонами отдыха и мультимедийными технологиями[2].

Электрические карты могут стать новым стандартом, так как они экологичнее и проще в обслуживании. А детский и юношеский картинг также имеет хорошие перспективы. Все больше родителей рассматривают этот вид спорта как способ увлечь ребенка активным хобби, а школы картинга могут стать важной частью образовательных программ.

В регионах развитие будет зависеть от инвестиционной привлекательности и поддержки местных властей [3]. Возможно появление мобильных картодромов и временных трасс, которые смогут работать на мероприятиях и фестивалях. В целом картинг-бизнес в России имеет значительный потенциал [4].

Успех будет зависеть от способности предпринимателей адаптироваться к меняющимся условиям, внедрять инновации и создавать уникальные предложения для клиентов.

В статье показан картодромы комплекс, реализованный в виртуальном пространстве, включающий в себя оригинальный спортивный трек, созданный по существующим регламентам.[5]. Посчитана экономическая составляющая проекта, включая затраты на проект, зарплату персонала и доходность комплекса. Продумано и техническая составляющая проекта, а именно на какой спортивной техники будут ездить члены картинг комплекса.

Парк техники будут составлять исключительно электрические карты, т.к. они экологичны, без шумны и дешевле в эксплуатации по отношению к бензиновым аналогам.

По результатам проделанной работы подготовлена готовая бизнес-модель, которая может принести хорошие дивиденды своим инвесторам. Сроки реализации проекта 6 месяцев.

Библиографический список

1. Ильин А.Б. Об оценке вклада предпринимательских структур автоспорта в формирование привлекательного имиджа территории // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2016. Т. 7. № 4. 8 с.
2. Ильин А.Б. Концепция развития автоспорта в России. Реальный сектор // Мир новой экономики. М., 2019. №1. 21 с.
3. Технический регламент о безопасности колесных транспортных средств, Утвержден постановлением Правительства Российской Федерации от 10 сентяюря 2009 г №720. Опубл. 23.09.09
4. ГОСТ Р 51709-2001 «Автотранспортные средства. Требования к безопасности к техническому состоянию и методы проверки».

5. Буйленко, В.Я. Психологические особенности человека при управлении автомобильным транс портом: учебное пособие [Текст] / В.Я. Буйленко, С.В. Жанказиев, В.В. Дементиенко и др. – М.: МАДИ, 2017. – 172 с.

УДК 629.3.017

МАРЬЯНИН В.А., БЕЛЯКОВ В.В., ПАПУНИН А.В.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ НАВЕСНОГО СТЕНДА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРИ ПРЕОДОЛЕНИИ РАЗРУШАЕМЫХ ПРЕПЯТСТВИЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Возможности передвижения транспортно-технологических машин(ТТМ) в условиях пересечённой местности напрямую связаны с их проходимостью. Проходимость – это способность транспортного средства передвигаться по дорогам низкого качества и вне дорожной сети, а также преодолевать искусственные и естественные препятствия без привлечения вспомогательных средств.

На данный момент достаточно хорошо изучены параметры профильной проходимости при преодолении неразрушимых препятствий. Однако при движении по пересечённой местности препятствия естественного происхождения часто являются разрушаемыми. При этом возможно два случая: 1) если прочность препятствия значительна, то расчёт параметров проходимости соответствует классическим законам; 2) если прочность препятствия невысока, то параметры профильной проходимости, заложенные при проектировании ТТМ, требуют корректировки.

В лесистой местности на пути движения ТТМ встречаются кустарники и деревья с толщиной ствола менее 5 см. При их преодолении машиной возможны следующие ситуации:

- если масса машины и её скорость достаточны, она способна преодолевать данное препятствие без затруднения;
- если масса машины и скорость будут недостаточными, то возможно зависание машины на препятствии и потеря возможности движения;
- если масса машины мала, а скорость значительна, то при преодолении данного препятствия возможно её опрокидывание.

С помощью современных методов имитационного моделирования на ЭВМ можно попробовать определить возможность преодоления данного типа препятствия. При этом для верификации полученных данных необходимы натурные испытания. В ходе таких испытаний транспортное средство может получить повреждения, вплоть до опрокидывания. Для исключения этого предлагается создание стенда для измерения горизонтальных и вертикальных составляющих сил сопротивления, возникающих при наезде на препятствие, с возможностью его крепления в штатные точки без изменения конструкции машин.

Создание данного стенда потребует решить следующие задачи:

- анализ существующих методов измерения сил взаимодействия ТТМ с препятствием;
- обоснование схемы навесного стенда и выбор измерительных элементов (тензодатчики, инклинометры);
- разработка 3D-модели и изготовление экспериментального образца стенда;
- создание системы сбора и обработки данных на базе микроконтроллера;
- проведение натурных испытаний на типовых препятствиях и анализ полученных зависимостей.

Предлагаемый навесной стенд позволит регистрировать динамические нагрузки в процессе наезда ТТМ на препятствие без риска её повреждения. Полученные экспериментальные данные дадут возможность уточнить математические модели взаимодействия движителя с деформируемыми препятствиями, а также повысить точность прогнозирования опрокидывания или зависания ТТМ при движении по пересечённой местности.

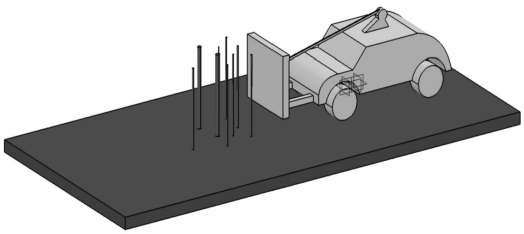


Рис.1. Упрощенная 3D модель ТТМ с установленным стендовым оборудованием

Библиографический список

1. Папунин А.В., Кельдин А.Е., Беляков В.В., Тяговые возможностей мотобуксировщиков / Будущее технической науки: сборник материалов XXI Всероссийской молодежной научно-техн. конф. посвященной 105-летию Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2022. С. 254-256.
2. Папунин А.В., Жуков С.С., Макаров В.С., Дискретные препятствия на пути вездеходных машин / Будущее технической науки: сборник материалов XXI Всероссийской молодежной научно-техн. конф. посвященной 105-летию Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2022. С. 256.

УДК 629

НАЗАРЫЧЕВ Д.С., ПАПУНИН А.В., ВАХИДОВ У.Ш.

МОНТАЖНАЯ КОРЗИНА ДЛЯ ВИЛОЧНОГО ПОГРУЗЧИКА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В современном строительстве, складской логистике и высотном обслуживании оборудования остро стоит вопрос безопасного подъёма людей и инструмента на высоту до 12 метров. Для подъёма людей и оборудования обычно используются: автовышки, лестницы, ножничные подъёмники. При этом использование автовышки на шасси грузового автомобиля внутри производственных цехов не всегда возможно в силу расставленного промышленного оборудования. Использование лестниц и стремянок при высоте работ более 6 метров не рекомендуется с точки зрения безопасности. В настоящее время на производственных площадках большое распространение получили вилочные погрузчики различных изготовителей. Их использование в составе с монтажными корзинами является хорошей альтернативой дорогостоящим автовышкам и телескопическим подъёмникам.

Однако рынок предлагает либо универсальные корзины с низкой адаптацией к конкретным моделям погрузчиков, либо несертифицированные самодельные конструкции, что приводит к повышенному риску травматизма. В данной ситуации разработка специализированной монтажной корзины, отвечающей требованиям безопасности, эргономики и технологичности, является актуальной научно-технической задачей.

Для соблюдения требований безопасности, конструкция монтажной корзины для вилочного погрузчика грузоподъёмностью 1,5–2,5 т, обеспечивающая безопасное выполнение работ на высоте, удобство монтажа/демонтажа и соответствие требованиям технического регламента, должна иметь высокий борт, крепление страховочного троса, дверцу и дополнительное крепление к стреле вилочного погрузчика.

Рис.1. Пример вилочной корзины для вилочного погрузчика

УДК 629.113:551.578.46

ПУКАЗОВ Я. Г., МАКАРОВ В.С.

ИСТОРИЯ, АНАЛИЗ И ПЕРСПЕКТИВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ТРАНСПОРТНОГО СНЕГОВЕДЕНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Изучение взаимодействия транспортных средств со снежным покровом имеет стратегическое значение для России, так как большая часть территории относится к зоне с наличием снежного покрова. Нижегородская научно-практическая школа транспортного снеговедения, зародившаяся в 1929 г. с создания М.В. Веселовским первых аэросаней «ВАМБ», прошла путь от эмпирических конструкций до сложных многоуровневых моделей системы «машина – снег». Цель доклада – систематизация этапов развития школы, анализ современного состояния и определение перспективных направлений исследований.

Историческая ретроспектива школы охватывает несколько периодов. В 1930–1950-е гг. закладывались основы снегоходного машиностроения (И.Н. Ювенальев, А.А. Крживицкий). В 1960–1980-е гг. сформировалась теоретическая база: исследование деформационных свойств снега (В.А. Малыгин), механики снежных заносов (А.К. Дюнин). Ключевой вклад в развитие школы внесли работы Л.В. Барахтанова, впервые представившего снег как полотно пути для транспортно-технологических машин, и его последователей – В.В. Белякова, А.А. Аникина, В.С. Макарова. Современный этап характеризуется переходом к системному моделированию. Разработаны многоуровневые модели снежного покрова с учётом региональной и временной изменчивости физико-механических свойств [1]. Предложены методики расчёта сопротивления качению, учитывающие неравномерность распределения давлений в контакте [2], алгоритмы прогнозирования проходимости многоосных колёсных и гусеничных машин.

За рубежом значительный вклад внесли С. Шуп (S. Shoop, США) – конечно-элементное моделирование взаимодействия шины с деформируемым грунтом и снегом [4]; Б. Каборе (B. Kabore, Люксембург) – многоуровневое моделирование механики снега на основе DEM[5]. В Китае исследованиями взаимодействия движителей со снегом активно занимаются группы под руководством ЯньЦиндуна и Чжу Мина [6], а также ГуЦзиньи и Ли Бо[7].

Перспективы транспортного снеговедения связаны с созданием цифровых двойников системы «машина – снег», развитием многомасштабных вычислительных моделей, учитывающих микроструктуру снега и её эволюцию, а также интеграцией методов искусственного интеллекта для оперативной оценки проходимости. Сохранение и развитие научной школы Нижегородского политеха является важным условием обеспечения конкурентоспособности отечественной вездеходной техники в Арктической зоне и на континентальном шельфе.

Библиографический список

1. Макаров В. С., Зезюлин Д. В., Беляков В. В. Многоуровневая модель снега как полотна пути для транспортно-технологических машин на примере территории Российской Федерации // Фундаментальные Исследования. 2013. № 10–2. С. 270–276.
2. Зезюлин Д. В., Макаров В. С., Беляков В. В. Методика расчета сопротивления качению колеса по снежному полотну пути с учетом неравномерности распределения давлений в зоне контакта // Современные Проблемы Науки И Образования. 2014. № 3. С. 52.
3. Беляков В. В. и др. Расчет проходимости колесных машин при криволинейном движении по снегу // Вестник Ижгту Имени М.т. Калашникова. 2010. № 3 (47). С. 35–38.
4. Shoop S. A. Finite Element Modeling of Tire-Terrain Interaction. University of Michigan., 2001.298 с.
5. Kabore B. W. идр. A discrete element framework for modeling the mechanical behaviour of snow—Part I: Mechanical behaviour and numerical model // Granular Matter. 2021. Т. 23, № 2. С. 42.
6. Yan Q. / ACTA ARMAMENTARII. China Ordnance Industry Corporation, 2024. Т. 45, № 3. С. 925–933.
7. Gu J. идр. Enhanced Tire–Snow Sinkage Modeling for Optimized Electric Vehicle Traction Control in Northern China Snow Conditions // WEVJ. 2025. Т. 16, № 8. С. 466.

Подсекция 4.5

Системы трубопроводного транспорта

УДК 621.311 : 620.197.5

ВАСИН Д.А.

АНАЛИЗ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ОТ КОРРОЗИИ ПРИ ВЛИЯНИИ НАВЕДЕННОГО ПЕРЕМЕННОГО ТОКА ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НА ТРУБОПРОВОД

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Данная работа содержит анализ корреляционных матриц, полученных по данным дистанционного коррозионного мониторинга на участке магистрального газопровода, подверженного влиянию высоковольтной линии электропередачи 750 кВ. Цель анализа – выявить ключевые факторы, влияющие на скорость коррозии, и оценить изменение этих взаимосвязей при увеличении значения наведённого переменного напряжения.

Рассматриваемые параметры с системы дистанционного коррозионного мониторинга: скорость коррозии (Vcorr); толщина (d); сопротивление изоляции и грунта (Rc и Rr); поляризационный потенциал (Upol); переменный и постоянный ток (~Ive и =Ive); переменное напряжение (~Ues); суммарный потенциал «труба-земля» (Usum). [1]

Для каждого из режимов (переменное напряжение до 15 В и более 15 В) построена матрица коэффициентов корреляции Пирсона, визуализированная в виде тепловой карты (рис. 1). [2]

	Vcorr	d	Rc	Rr	Upol	~Ive	`=Ive	~Ues	Usum
Vcorr	1,00	0,88	0,73	0,83	0,36	0,49	0,67	0,35	0,33
d	0,88	1,00	0,52	0,70	0,35	0,42	0,65	0,37	0,29
Rc	0,73	0,52	1,00	0,96	0,29	0,50	0,63	0,49	0,58
Rr	0,83	0,70	0,96	1,00	0,31	0,56	0,80	0,46	0,59
Upol	0,36	0,35	0,29	0,31	1,00	0,22	0,30	0,23	0,42
~Ive	0,49	0,42	0,50	0,56	0,22	1,00	0,63	0,81	0,31
`=Ive	0,67	0,65	0,63	0,80	0,30	0,63	1,00	0,48	0,66
~Ues	0,35	0,37	0,49	0,46	0,23	0,81	0,48	1,00	0,27
Usum	0,33	0,29	0,58	0,59	0,42	0,31	0,66	0,27	1,00

	Vcorr	d	Rc	Rr	Upol	~Ive	`=Ive	~Ues	Usum
Vcorr	1,00	0,99	0,73	0,80	0,61	0,46	0,79	0,54	0,67
d	0,99	1,00	0,71	0,84	0,62	0,43	0,80	0,55	0,68
Rc	0,73	0,71	1,00	0,94	0,46	0,59	0,49	0,63	0,63
Rr	0,80	0,84	0,94	1,00	0,53	0,65	0,64	0,64	0,70
Upol	0,61	0,62	0,46	0,53	1,00	0,00	0,48	0,47	0,65
~Ive	0,46	0,43	0,59	0,65	0,00	1,00	0,84	0,58	0,23
`=Ive	0,79	0,80	0,49	0,64	0,48	0,84	1,00	0,39	0,57
~Ues	0,54	0,55	0,63	0,64	0,47	0,58	0,39	1,00	0,48
Usum	0,67	0,68	0,63	0,70	0,65	0,23	0,57	0,48	1,00

Рис. 1. Тепловая карта корреляции показаний системы мониторинга при влиянии переменного напряжения до 15 В и свыше 15 В

Выводы

1. Пороговое значение 15 В подтверждено статистически. При переменном напряжении до 15 В его влияние на скорость коррозии слабое (0,35), тогда как при превышении порога корреляция возрастает (0,54), что указывает на прямое негативное воздействие.

2. Система защиты от коррозии реагирует на усиление влияния увеличением постоянного тока защиты (рост корреляции с 0,67 до 0,79). В условиях сильной наводки возрастает необходимость компенсации вредного воздействия путём увеличения тока катодной защиты, что и отражает высокая корреляция.

3. Поляризационный потенциал становится более информативным параметром при сильных помехах (рост с 0,36 до 0,61), поэтому его непрерывный мониторинг в зонах влияния высоковольтных линий электропередачи обязателен.

Библиографический список

1. Васин, Д. А. Разработка подходов по регулированию работы системы электрохимической защиты в условиях влияния высоковольтных линий электропередач на основании общего показателя надежности системы / С. А. Никулин, Д. А. Васин // XX Международная научно-практическая конференция. — Уфа : Изд-во УГНТУ, 2025. — С. 12–15.
2. Васин, Д. А. Регулирование работы системы электрохимической защиты в условиях влияния высоковольтных линий электропередач / С. А. Никулин, Д. А. Васин // Наука и техника в газовой промышленности. — 2025. — № 4. — С. 93–104.

УДК 621.311 : 620.197.5

НИКУЛИН С.А.[1], ТЮТЬКИН А.А.[1], КОРОТЯЕВ А.Г.[2], КАРДАШ Е.Е.[3]

РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УЧАСТКОВ НАРУШЕНИЯ ИЗОЛЯЦИОННОГО ПОКРЫТИЯ ПОДЗЕМНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

[1]НГТУ им. Р.Е. Алексеева
[2]ПАО «Газпром»
[3]ООО «Газпром трансгаз Ухта»

Изоляционные покрытия являются основным средством защиты от коррозии подземных стальных трубопроводов. В процессе эксплуатации защитные свойства покрытий снижаются, появляются сквозные дефекты. Одной из основных задач специалистов эксплуатирующих организаций является нахождение данных дефектов и их своевременное устранение. На сегодняшний день все методы нахождения дефектов изоляционных покрытий заключаются в проведении специальных исследований на трассе трубопровода. В условиях экономии средств интервалы между данными исследованиями могут достигать 10 лет и более, что приводит к снижению комплексной защищенности объектов от коррозии.

В настоящее время на объекты магистрального транспорта углеводородов активно внедряются системы дистанционного коррозионного мониторинга. Данные системы позволяют собирать и накапливать большой объем информации о режимах работы системы электрохимической защиты от коррозии, скорости коррозионных процессов на участках трубопровода. Использование массива данных коррозионного мониторинга позволило разработать методы интегральной оценки состояния изоляционного покрытия. Данные методы определяют среднюю интегральную величину сопротивления изоляции на участке трубопровода, что может являться показателем его реального состояния. При этом на сегодняшний день отсутствуют методы прогноза зон дефектов изоляции. Разработка таких методов позволит более точно выбирать места для проведения диагностики наличия сквозных дефектов изоляции, что приведет к снижению эксплуатационных затрат и повысит надежность системы. Данные методы могут быть использованы, как специалистами эксплуатирующих организаций, так и организациями, осуществляющими постстроительный мониторинг объектов. [1, 2]

Авторами проведена работа по созданию моделей машинного обучения, использующих реальные данные системы коррозионного мониторинга. Обученные модели прошли апробацию на данных, измеренных в лабораторных условиях на имитационном стенде – модели подземного трубопровода с имитацией дефектов изоляционного покрытия. По результатам исследований установлено, что модели машинного обучения показывают достаточную для инженерных задач точность определения зон дефектов изоляционного покрытия.

Выводы

1. Разработаны и обучены на реальных данных модели машинного обучения для определения зон наличия дефектов изоляционного покрытия.

2. Разработанные модели прошли апробацию на модели подземного трубопровода с имитацией дефектов изоляционного покрытия.
3. Модели позволяют с достаточной для инженерных задач точностью определять зоны наличия дефектов изоляционного покрытия.

Библиографический список

1. Никулин, С. А. Принципы решения задач надежного и эффективного управления системой противокоррозионной защиты от коррозии / С. А. Никулин // Датчики и Системы. – 2022. - №3 (262). С. 29-34.
2. Никулин, С. А. Исследование применимости методов определения состояния изоляционного покрытия участка трубопровода для использования в системе дистанционного коррозионного мониторинга / С. А. Никулин, Е. Л. Карнавский, В. И. Горячевский // Датчики и Системы. – 2021. - №4 (257). С. 47-52.

УДК 621.311 : 620.197.5

НИКУЛИН С.А.[1], ТЮРИКОВА К.Е.[1], КОРОТЯЕВ А.Г.[2], КАРДАШ Е.Е.[3]

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИОННОГО ПОКРЫТИЯ ПОДЗЕМНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

[1]НГТУ им. Р.Е. Алексеева
[2]ПАО «Газпром»
[3]ООО «Газпром трансгаз Ухта»

Изоляционные покрытия выполняют роль барьера между металлом трубопровода и коррозионной средой. Определение состояния изоляционного покрытия является важнейшей диагностической задачей от которой зависит надежность работы системы магистрального транспорта углеводородов. Большинство действующих методов определения состояния изоляционного покрытия требуют выезда специалистов на трассу трубопровода.

Активное внедрение системы дистанционного коррозионного мониторинга на объекты магистрального транспорта углеводородов позволяет получать накапливать огромный массив информации о защитных потенциалах и режимах работы станций катодной защиты. Данные показатели напрямую зависят от состояния изоляционного покрытия. Ранее был предложен способ оценки интегрального показателя состояния изоляционного на основе оценки массива данных коррозионного мониторинга. Способ позволяет определить интегральный показатель состояния покрытия на участке влияния станции катодной защиты (примерно 30 км) и может быть использован при постстроительном мониторинге состояния покрытия, а также в процессе эксплуатации, для планирования участков для проведения натурных исследований. [1, 2]

Проведена проверка применимости предложенного способа на модели подземного трубопровода с имитацией дефектов изоляционного покрытия. Модель представляет собой ящик с грунтом, в который погружена металлическая труба с нанесенным изоляционным покрытием, имеющим дефекты. Труба подключалась к источнику постоянного тока. Измерение защитного потенциала выполнялись с использование хлорсеребряного электрода сравнения. По результатам изменений вычислены показатели состояния изоляционного покрытия. Также были проведены измерения и определено состояние изоляции с использованием контрольного метода.

Выводы

1. Проведена проверка применимости метода определения интегрального показателя сопротивления изоляции на модели подземного трубопровода с имитацией дефектов покрытия.
2. Максимальная погрешность между новым и контрольным методом составила 14%, что является приемлемой для инженерных задач точностью.
3. Метод может быть использован для определения состояния изоляции при постстроительном мониторинге, а также в процессе эксплуатации.

Библиографический список

1. Никулин, С. А. Принципы решения задач надежного и эффективного управления системой противокоррозионной защиты от коррозии / С. А. Никулин // Датчики и Системы. – 2022. - №3 (262). С. 29-34.
2. Никулин, С. А. Исследование применимости методов определения состояния изоляционного покрытия участка трубопровода для использования в системе дистанционного коррозионного мониторинга / С. А. Никулин, Е. Л. Карнавский, В. И. Горячевский // Датчики и Системы. – 2021. - №4 (257). С. 47-52.

УДК 621.64

ПАХТЕЛЕВ К.В., ЛАРЦОВ С.В., РЕПИН Д.Г.

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Актуальность работы обусловлена ростом объемов транспортировки природного газа, переориентацией экспортных поставок на восточное направление и необходимостью строительства протяженных магистральных газопроводов в удаленных и слабо освоенных регионах. В этих условиях особое значение приобретает поиск технических решений, обеспечивающих повышение производительности газопроводов при снижении капитальных и эксплуатационных затрат.

Основными параметрами, определяющими эффективность магистральных газопроводов (МГ), являются диаметр труб и рабочее давление. Увеличение диаметра свыше 1420 мм в настоящее время нецелесообразно, поскольку требует существенного пересмотра технологий производства и строительства. Поэтому наиболее перспективным направлением повышения производительности является увеличение рабочего давления. При этом рост давления сопровождается увеличением толщины стенки трубы, металлоемкости и стоимости строительства, что требует применения сталей повышенного класса прочности.

В работе выполнен гидравлический и экономический анализ сухопутных МГ протяженностью 1000 км и диаметром 1420 мм при рабочих давлениях 9,8; 11,8; 14,7; 18,0; 22,0 и 25,0 МПа. Рассматривались производительности 40–100 млрд м³/год и трубы из сталей К60, К65, К70 и К80. Оценка включала капитальные вложения в линейную часть и компрессорные станции, затраты на топливный газ и эксплуатационные расходы на горизонте 40 лет, а также сценарии с учетом и без учета затрат на головную компрессорную станцию (ГКС).

Установлено, что в большинстве случаев режимы работы при давлении выше 9,8 МПа являются более эффективными. Без учета затрат на ГКС оптимальными стали: 14,7 МПа при производительности 40–60 млрд м³/год для сталей К70 и К80 со снижением себестоимости транспорта до 18 %; 11,8 МПа при производительности 60–75 млрд м³/год для сталей К65–К80 со снижением до 19 %; 14,7 МПа при производительности 75–100 млрд м³/год для сталей К70 и К80 со снижением до 20 %. При этом учет затрат на ГКС может изменить наиболее эффективное значение рабочего давления.

Показано, что повышение рабочего давления свыше 14,7 МПа на современном этапе экономически нецелесообразно вследствие роста энергозатрат и металловложений. В частности, при производительности 40 млрд м³/год и применении стали К70 переход с 14,7 до 18,0 МПа повышает себестоимость транспорта на 16 %, до 22,0 МПа — на 24 %, до 25,0 МПа — на 42 %. Одновременно увеличение класса прочности стали во всем исследованном диапазоне способствует снижению удельных затрат на транспорт газа.

Таким образом, повышение рабочего давления МГ в сочетании с применением труб из сталей повышенного класса прочности позволяет увеличить производительность и повысить эффективность магистрального транспорта газа. На современном этапе рациональным является рабочее давление до 14,7 МПа.

Библиографический список

1. Галиуллин З.Т., Леонтьев Е.В. Интенсификация магистрального транспорта газа. – М.: Недра, 1991. – 272 с.
2. Чирсков В.А. Разработка ресурсосберегающих технологий строительства магистральных газопроводов нового поколения. [Электронный ресурс]. URL: https://www.dissercat.com/content/razrabotka-resursosberegay ushchikh-tekhnologii-stroitelstva-magistralnykh-gazoprovodov-novog (Дата обращения 07.03.2026).
3. М.Ю. Недзвецкий, А.Б. Арабей, К.Ю. Ментюков, М.С. Сахаров, А.И. Смелов, П.П. Степанов, Д.А. Рингинен, А.Б. Гизатуллин, С.В. Шандер Освоение производства труб большого диаметра класса прочности К80 (Х100) в России. [Электронный ресурс]. URL: https://cyberleninka.ru/article/ n/osvoenie-proizvodstva-trub-bolshogo-diametra-klassa-prochnosti-k80-h100-v-rossii (Дата обращения 07.03.2026).

СЕКЦИЯ 5

МОРСКАЯ, АВИАЦИОННАЯ ТЕХНИКА И КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ

Подсекция 5.1

Кораблестроение и авиационная техника

УДК 629.124

АВВАКУМОВ А.С.

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ПРОЕКТИРОВАНИЮ САМОХОДНОГО ДНОУГЛУБИТЕЛЬНОГО СУДНА

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева

В условиях увеличения эффективности работ по поддержанию судоходных глубин и добыче полезных ископаемых возрастают требования к мобильности и энергоэффективности дноуглубительной техники. Самоходные дноуглубительные суда совмещают функции разработки грунта, гидротранспорта и самостоятельного перемещения [1], что порождает техническое противоречие, а именно: оптимизация корпуса судна увеличивает скорость хода, но при этом снижает эффективность при грунтозаборе. Традиционные методики проектирования, рассматривающие гидравлическую и пропульсивную подсистемы, приводят к нерациональному использованию установленной мощности. Поэтому актуальным является переход к комплексному системному проектированию.

Цель проекта – создание самоходного дноуглубительного судна, предназначенного для выемки и удаления грунта со дна водоемов, а также для углубления фарватеров, каналов, рейдов и других районов рек с целью обеспечения безопасной навигации судов на класс✠О (2,0). Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- анализ существующих проектных решений и определение оптимальных характеристик проектируемого судна;
- выбор типа энергетической установки (механический, электрический или гибридный);
- проведение вычислительных экспериментов с целью определения мореходных качеств судна.

Общий вид спроектированного судна представлен на рис. 1 и 2 в двух вариантах. Основные характеристики которого: длина расчетная 12 м, ширины 4,4 м, осадка 0,7 м, водоизмещение 26 т, производительность 150 $м^3$.

Рис. 1. Общий вид судна с «Землесосом»

Рис. 2. Общий вид судна с с ковшом

Анализ компоновочных схем силовой установки и распределения мощности между грунтовым насосом и движительным комплексом позволил сделать выбор в пользу гибридная схема «двигатель-генератор-электромоторы». После проведенного исследования были выявлены следующие результаты:

- снижение удельных энергозатрат на перемещение 1 м³ грунта на 18–22%;
- повышение радиуса эффективной работы судна (дальности отвала грунта) в 1,4 раза без увеличения установленной мощности.

Представленный проект самоходного дноуглубительного судна позволит имеет существенные преимущества по сравнению с несамоходными судами: самостоятельное перемещение к месту работ без буксиров, быстрая смена местоположения, способность разворачиваться на новом участке, что сокращают время простоя. Внедрение комплексного подхода с оптимизацией распределения мощности может значительно повысить энергоэффективность и производительность дноуглубительных работ.

---

1. Лукин Н.В. Суда технического флота / Н В. Лукин, С.Н. Разживин, А.С. Стариков. - М. : Транспорт, 1992. - 335 с.

УДК 629.124

АВВАКУМОВ М.С.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЙКИ УНИВЕРСАЛЬНОГО МАЛОМЕРНОГО СУДНА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫХ РАБОТ В ПРЕДЕЛАХ РУСЕЛ РЕК И ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Актуальность строительства самоходных дноуглубительных судов обусловлена необходимостью создания высокопроизводительных, мобильных и экологичных технических решений. Это напрямую способствует модернизации транспортной инфраструктуры, повышению рентабельности речных перевозок, защите прибрежных экосистем и укреплению технологической независимости в области гидротехнического строительства. По данным на начало 2026 года, почти треть из 49 морских земснарядов в России (15 единиц) старше 40 лет, ещё 11 судов находятся в категории от 20 до 40 лет. Значительная часть флота работает за пределами нормативных сроков службы [1]. Поэтому строительство судов для дноуглубительных работ является актуальным.

В работе рассмотрено производство земснаряда с характеристиками: длина 12 м; ширина 4,4 м; осадка 0,7 м; высота борта 1,5 м; водоизмещение 26,4 т.

Для постройки судна выбрано предприятие в г. Дзержинске, расположенном в 2 км от р. Ока, вблизи Нижнего Новгорода. Арендован цех площадью 1000 м^2, оснащённый котельной, центральным водоснабжением, канализацией, электроснабжением (750 кВт) и подъездными путями для любого вида транспорта. В 10 минутах езды расположена трасса М7 для логистики готовой продукции. В 2 км расположен причал с возможностью спуска судна на воду при помощи подъёмного крана. Производственные цеха (сборочно-сварочный, корпусосборочный, стапельный, механический, цех для изоляционных и окрасочных работ) сгруппированы в блоки по видам деятельности. Таким образом, площадка полностью соответствует требованиям для постройки и комплектации судна.

Предложена схема компоновки производства для выпуска партии судов с чётко организованными потоками движения деталей и сборочных единиц (ДСЕ) (рис .1).

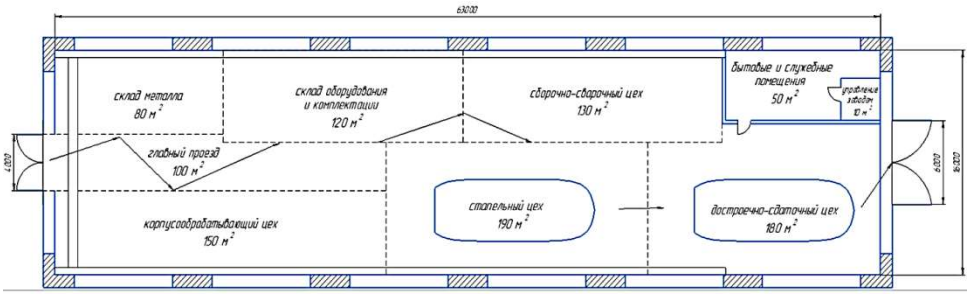


Рис. 1. Схема производственных помещений

Процесс начинается со склада металла, где стальные листы (хранятся пачками высотой до 1 м по типоразмерам и маркам материала) подаются подвесной кран-балкой в корпусообрабатывающий цех. Здесь выполняют: предварительную правку, очистку и грунтовку, разметку и резку, механическую обработку (включая сверление). Далее детали комплектуют в узлы и секции на участке комплектации. Готовые узлы перемещают в сборочно-сварочный цех, оснащённый автоматическим и полуавтоматическим сварочным оборудованием. Для сборки используют опорные плиты размером 5×15 м с рёбрами жёсткости. Контроль качества сварных швов осуществляют электронно-оптическими приборами, а также ультразвуковым контролёром. Завершающий этап – перемещение секций стапельными тележками в стапельный цех для сборки корпуса из секций и блоков, его насыщения и монтажа устройств, механизмов и оборудования.

Комплексный подход к технологии постройки судна, включая развитие отечественного производства комплектующих, подготовку квалифицированных кадров, позволит создать конкурентно способное судно для проведения дноуглубительных работ в пределах русел рек и прибрежной зоне

---

1. Киреева М.В. Проблемы обновления дноуглубительного флота в Волжском бассейне / Вестник ВГАВТ, 2019 № 2. - с. 89-91.

УДК 629.123

БОРОДИН Д.В.

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ДРК СУДНА СНАБЖЕНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Алексеева

Особенность географического положения России, характеризующегося значительной протяжённостью северных и восточных морских границ, вызвала необходимость развития и создания ледокольных судов снабжения. Непрерывное развитие районов Крайнего Севера и Дальнего Востока, а также наличие вблизи замерзающих неарктических морей крупных промышленных центров, имеющих большое значение для экономики страны, придают для России, по сравнению с другими северными государствами, особую важность в обеспечении неограниченного плавания в любых ледовых условиях.

Для выполнения полного цикла работ по бесперебойному снабжению и безопасному функционированию добывающих платформ арктического шельфа необходимы суда снабжения. Независимо от вида бурения и типа бурового оборудования к месту проведения работ с материка необходимо доставлять большое количество материалов, топлива, пресной воды, а также рабочих. Наиболее целесообразным считается создание судна снабжения ледокольного класса вместо использования судов снабжения с ледовыми подкреплениями в сопровож-

дении ледокола, т.к. значительно расширяется вариативность использования судна. Поэтому проектирование таких судов и прогнозирование их ходкости в сложной ледовой обстановке являются актуальной задачей.

В результате проектирования судна снабжения дедвейтом 4000 т класса КМ⍟ Icebreaker6 [1] AUT 1 для снабжения буровых платформ в районе острова Сахалин были определены параметры ледовой ходкости в сплошном и битом льду.

Проведем анализ стоимости движительно-рулевого комплекса в двух использованиях:

1) с двумя винто-рулевыми колонками в корме с питанием от дизель-генераторов– 1476000 тыс. руб;

2) классические винты с приводом с помощью валов от судовых двигателей – 315808 тыс.руб.

Как показал анализ, применение винто-рулевых колонок приводит к увеличению стоимости движительно-рулевого комплекса в несколько раз, однако несмотря на это, как показал анализ рынка, судовладельцы идут на это, т.к. применение винто-рулевых колонок приводит к существенному улучшению эксплуатационных характеристик судна: уменьшению радиуса циркуляции, что улучшает условия окалки буровых установок; судно более управляемое.

Были получены данные по радиусу циркуляции в различных ледовых условиях, что поможет судоводителю выбирать правильный режим движения и обхода затруднительных участков с тяжелой ледовой обстановкой.

Задание на проект получено в рамках выпускной квалификационной работы. Выполнение ВКР консультируют специалисты с предприятия-партнера ОАО «ЦКБ Лазурит», город Нижний Новгород.

---

1. Ледовая ходкость крупнотоннажных судов: Сазонов К.Е. Добродеев А.А., 2017. -251 с.

УДК 629.124

БУХАЛОВ А.М.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ КОРПУСА МНОГОЦЕЛЕВОГО СУХОГРУЗНОГО ТЕПЛОХОДА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В данной работе решена задача моделирования судовой поверхности многоцелевого сухогрузного теплохода дедвейтом 7500/5000 тонн. Согласно заданию на ВКР проектируемое судно предназначено дляморской и смешанной (река-море) перевозке генеральных и навалочных грузов (в том числе зерна), металла в рулонах, груза в контейнерах. Класс судна РС КМ ★Ice2 [1] R2 AUT1-ICS. В качестве судна-прототипа был выбран сухогрузный теплоход проекта RSD59.

Архитектурно-конструктивный тип судна-прототипа – стальной однопалубный, двухтрюмный теплоход, с двумя полноповоротными винто-рулевыми колонками, с баком и ютом, с кормовым расположением жилой рубки и машинного отделения, с двойным дном и двойными бортами в районе грузовых трюмов. Судно имеет цилиндрический нос и транцевую кормовую оконечность с полутоннелями и скегом. Специальная форма кормовой оконечности судна была оптимизирована под размещение ВРК. Теоретический корпус судна имеет цилиндрическую вставку протяженностью 0,68.

Моделирование поверхности проектируемого судна выполнено в системе автоматизированного проектирования SolidWorks [1, 2] с использованием теоретического чертежа судна-прототипа. Основные результаты моделирования приведены на рис. 1.

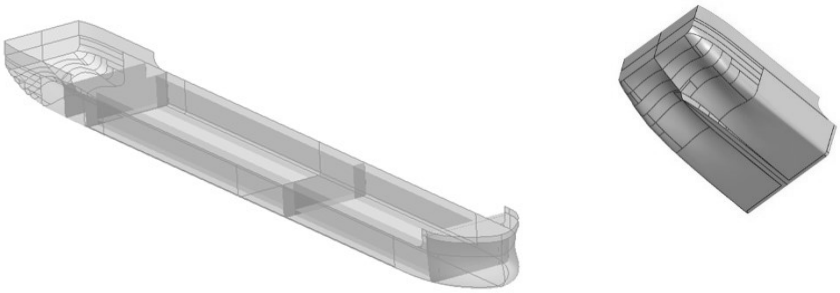


Рис. 1. Модель судовой поверхности проектируемого судна

Библиографический список

1. Князьков, В.В.SolidWorks. Проектирование судов: учеб. пособие / В.В. Князьков; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2018. – 228 с.
2. Князьков, В.В. Геометрическое моделирование вSolidWorks: учеб. пособие / В.В. Князьков; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2026. – 207 с.

УДК 629.5.018.7

ВАСИЛЬЕВ К.С.

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ОПЫТА КРЕНОВАНИЯ СУДОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Опыт кренования – процесс экспериментального определения аппликаты центра тяжести нового или существенно модернизированного судна. Необходимость проведения опыта определяется по результатам расчета нагрузки масс проекта в соответствии с требованиями Правил Российского Классификационного Общества (РКО) или Российского Морского Регистра Судоходства (РМРС), которые также определяют методики опытов кренования и взвешивания. Кренование заключается в последовательном перемещении в поперечном направлении крен-балласта или людей на судне, с целью создания ряда малых наклонений и измерения соответствующих углов крена. Обработка опыта кренования сопровождается вычислением некоторых характеристик начальной остойчивости судна и координат его центра тяжести (ЦТ).

На сегодняшний день, безусловно, накоплен большой опыт проведения опыта кренования. Тенденции развития судостроения показывают, что зачастую требования к вместимости, конструкции, комфорту экипажа и внешнему облику судна идут в разрез с безопасностью судна, что недопустимо. Следует отметить, что в направлении повышения общей безаварийности и безопасности на море ведет свою деятельность, например, Международная Морская Организация (IMO), требования которой гармонизируются с Правилами РКО и РМРС.

В этой связи при проектировании нового или модернизации уже построенного судна необходимо обеспечить повышенную точность и надежность измеряемых величин в процессе кренования судна потому, что характеристики остойчивости и непотопляемости напрямую зависят от экспериментального определения координат ЦТ. Таким образом, необходимо провести качественную модернизацию опыта кренования.

Одним из направлений улучшения качества опыта кренования может стать применение электронных средств измерения угла крена судна. В настоящее время в основном применяются приборы с аналоговым получением данных – вески и механические инклинографы. Проведение опыта кренования с помощью данных приборов затрудняется многими аспектами, среди которых низкая степень автоматизации, высокая трудоемкость и относительно большие собственные и накопленные погрешности.

Электронные угломеры лишены большей части недостатков весков или механических инклинографов и позволяют оперативно получать и обрабатывать экспериментальные данные, что ускоряет процесс кренования и позволяет лучше контролировать условия эксперимента в динамике. По сравнению с существующими устройствами, электронные средства измерения угла крена имеют ряд преимуществ, например, высокая точность измерений, которая зависит от типа основного датчика – акселерометра, автоматическое измерение и запись.

Таким образом, необходимо провести модернизацию методики и технологии опыта кренования с целью повышения ее точности, надежности и снижения трудоемкости обработки результатов измерений; также следует обратить внимание на степень автоматизации опыта. Одним из предложенных путей модернизации является применение электронных средств измерения угла крена судна на базе акселерометров. Снижение трудоемкости опыта кренования может, тем самым, уменьшить риск ошибки в определении важнейших характеристик остойчивости и посадки судна, следовательно, повысится безопасность экипажа и сохранность перевозимого груза.

Библиографический список

1. Хайдаров, З. Х. Электронно-цифровая технология проведения опыта кренования судна / З. Х. Хайдаров, А. А. Горшков, А. В. Артемьев // Молодежь. Наука. Инновации. – 2021. – Т. 1. – С. 133-137.
2. Российское Классификационное Общество. Правила классификации и постройки судов. Часть II «Остойчивость. Непотопляемость. Надводный борт. Маневренность» 2019.
3. Российский морской регистр судоходства. Правила классификации и постройки морских судов. Часть IV «Остойчивость» 2025.

УДК 629.73

ГРИШИН С.Н.

БПЛА: КЛАССИФИКАЦИЯ, СТАТИСТИКА ПРИМЕНЕНИЯ И ЗАДАЧИ НАЦИОНАЛЬНОГО ПРОЕКТА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) представляют собой устройства, способные выполнять задачи без непосредственного участия человека, с дистанционным или автономным управлением посредством электроники, микропроцессоров и сенсоров. По конструктивным типам различаются аппараты самолетного типа с фиксированным крылом, требующие специального обучения и применяемые в основном для аэрофотосъёмки и инспекции линий электропередач; гибридные модели, сочетающие свойства самолёта и вертолёта; одновинтовые вертолёты, отличающиеся сложностью изготовления и подверженные вибрациям; а также мультикоптеры (прежде всего квадрокоптеры). Последние признаны наиболее

популярными благодаря простоте сборки, низкой цене, компактности и возможности вертикального взлёта и посадки.

С помощью беспилотников можно выполнить довольно много задач. Наиболее важные области применения БПЛА:

- управление чрезвычайными ситуациями: БПЛА обеспечивают безопасный доступ в зоны бедствий, сбор данных с помощью камер и сенсоров, мониторинг пожаров и помощь в спасательных операциях;
- дистанционное зондирование: дроны применяются для картографирования, экологического мониторинга, диагностики болезней растений, оценки состояния природных ресурсов;
- поисково-спасательные операции: БПЛА ускоряют поиск людей, доставку медикаментов и оборудования в труднодоступные районы;
- инспекция инфраструктуры: дроны используются для контроля ЛЭП, газопроводов, строительства, повышая эффективность и безопасность инспекций;
- точное земледелие: в сельском хозяйстве БПЛА анализируют посевы, распыляют удобрения, диагностируют болезни, оценивают урожайность;
- мониторинг дорожного движения: дроны обеспечивают контроль пробок, поиск угнанных авто и оценку состояния дорог;
- восстановление лесов: БПЛА доставляют саженцы и мониторят биоразнообразие;
- доставка грузов: особенно востребована в Арктике, горных и сельских районах, а также экспресс-доставка в городах.
- исследование космоса: перспективно применение дронов для исследований на Марсе (в силу низкой гравитации);
- военные задачи.

Статистика применения.Глобальный рынок: лидируют картография и геодезия (34% компаний), инспектирование территорий (31%), аэрофотосъёмка (22-25%). Сельское хозяйство – 5-9%, доставка – 1-4%, прочие направления – от 1% до 6% рынка.

В России наибольший спрос на БПЛА отмечен в энергетике (20%), поисково-спасательных операциях (16%), мониторинге промышленной и транспортной инфраструктуры (16%), лесопользовании (14%) и кадастровых работах (13%), логистике (7%), развлекательных шоу (4%) [3].

Национальный проект по развитию беспилотных авиационных систем (БАС) в России направлен на технологическую независимость и создание новых рынков. Для этого необходимо совершенствование законодательного регулирования, развитие инфраструктуры, подготовка квалифицированных специалистов и запуск серийного производства различных классов БПЛА.

Библиографический список

1. Горячев, Н.В. Беспилотные летательные аппараты. Проблемы проектирования и эксплуатации: монография / Н.В. Горячев, Д.С. Ергалиев, А.В. Полтавский и др. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2023. – 305 с.
2. Матюха, С.В. Глобальный рынок беспилотных авиационных систем – всемирная игра на опережение / С.В. Матюха // Транспортное дело России. – 2023. – № 6. – С. 132-137.
3. https://www.dp.ru/a/2025/07/10/jevoljucija-dronov-budushhee-rossijskih

УДК 629.73

ГРИШИН С.Н.

СИСТЕМА ВЫСОКОТОЧНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ДЛЯ БПЛА: АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ОГРАНИЧЕНИЙ ГНСС И ПУТИ ИХ ПРЕОДОЛЕНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Развитие беспилотной авиации ведёт к расширению сфер применения БПЛА. Это, в свою очередь, порождает множество технических вопросов и ставит новые сложные задачи, решение которых необходимо для эффективного использования дронов.

Навигационные задачи в процессе полета БПЛА решаются в основном на основе использования ГНСС (глобальных навигационных спутниковых систем), и построены на применении GPC/GLONASS навигации.

Стандартное спутниковое позиционирование ГНСС обеспечивает точность в диапазоне от 1 до 10 метров, что может быть недостаточно для операций, требующих более детализированных данных, таких, как агромониторинг, геодезия и логистика, доставка грузов. Для решения этих задач применяются корректирующие сигналы, которые значительно снижают погрешности позиционирования [1].

Для обеспечения безопасной и безаварийной посадки беспилотника точность в таком диапазоне является очень большой величиной.

Для более высокой точности используют «закрытые линии» с так называемой «подпиской», т.е. они платные (0,5 м), и все равно точности для посадки не хватает. Дополнительно можно использовать видеоканал для управления посадкой, дающий приемлемую точность. Однако в сложных метеоусловиях (задымление, туман, дождь и другие) видеоканал не обеспечивает нужную точность позиционирования.

В последнее время Госкорпорация «Роскосмос» ведет разработки системы высокоточного позиционирования на базе глобальных навигационных спутниковых систем, обеспечивающих точность 1-2 см по всем координатам. Но такие системы используют «Метод спутниковых поправок», требующий накопления и обработки большого количества информации, что ведет к усложнению системы и увеличению времени, а это приводит к невозможности применения этой системы высокоточного позиционирования для управления коммерческими БПЛА.

В настоящее время все существующие коммерческие беспилотники управляются оператором. Крупные БПЛА самолетного типа работают в режиме автопилота при посадке в аэропорту на специальную посадочную полосу. Для БПЛА вертолетного типа и конвертопланов задача безоператорной безаварийной посадки не решена. Сложность решения этой задачи определяется тем, что нужно обеспечить высокую точность позиционирования БПЛА по всем трем координатам, которая должна быть не хуже 1-5 см. На данный момент предпринимаются попытки решить эту задачу, применяя различные радио- и оптические каналы. Но оптика не работает в неблагоприятных погодных условиях (дождь, снег, туман, задымленность, ночное время суток и т.п.) а, к примеру, использование «эффекта Доплера» и «сверхширокополосных меток» не дает необходимой точности, особенно при осуществлении посадки в сложных метеорологических условиях и на движущуюся посадочную платформу.

Задача точного позиционирования в настоящее время стоит не только для БПЛА, но и, например, в портах, где все движущиеся механизмы (краны, погрузчики, непосредственно суда) определяют свое местоположение по спутникам GPS или ГЛОНАСС навигации.

Данный факт свидетельствует о наличии серьезной потребности в разработке российских «систем высокоточного позиционирования».

Актуальность решения этой задачи определяет перспективы широкого внедрения БАС в народное хозяйство.

1. Липанов И. Д., Хомоненко А. Д., Молодкин И. А. Сравнительный анализ методов точного позиционирования беспилотных летательных аппаратов // Интеллектуальные технологии на транспорте. 2025. № 1 (41). С. 27-36. DOI: 10. 20295/2413-2527-2025-141-27-36

УДК 629.124

ДУБРОВЧЕНКО В. Н.

Исследование влияния проектных характеристик и формы корпуса на ходкость ледокола мощностью 14 МВт класса КМ⍟Icebreaker 7 [1] AUT 1 при движении в сложной ледовой обстановке

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время, по причине перспективности развития арктического региона, идет активное развитие арктического флота, в первую очередь ледоколов. В частности, одним из перспективных направлений в строительстве судов такого класса являются ледоколы с носовым расположением движительно-рулевого комплекса (ДРК) в силу повышенной маневренности таких судов, а также преодоления тяжелых льдов непрерывным ходом, а не набегами, что гипотетически должно повысить энергоэффективность таких судов. Но такой архитектурно-конструктивный тип судна диктует определенные отличия в форме подводной части корпуса, что может негативно сказаться на ледопроходимости за счет корпуса. В этой работе проведены исследования сравнения формы корпуса классических ледоколов и судов ледового плавания с ледоколом, имеющего кормовые и носовые ДРК при его движении в сложной ледовой обстановке, как передним ходом, так и задним.

Проектируемым судном является Ледокол мощностью 14 МВт класса Icebreaker 7, обладающий следующими характеристиками: $L_{КВЛ}$ = 89,6 м; $B_{КВЛ}$ = 21,55 м; $T_{КВЛ}$ = 7,9 м; H = 11,1 м; $v = 15$ узлов (7,72 м/с); δ = 0,567; D = 8885 т. Судно оснащено отечественной энергетической установкой и отечественными винто-рулевыми колонками.

Тяжелая ледовая обстановка – это ситуация, при которой ледовые условия в определённом регионе превышают ожидаемые по толщине льда, что создаёт препятствия для судоходства. Ее приблизительные характеристики для региона эксплуатации проектируемого судна – сплочённость от 8-9 баллов или сплошной (10 баллов) лед, толщина – более 1-1,5 м, повышенная торосистость, значительный возраст (более одного года) льда.

Основным критерием ходкости при движении судна в ледовой обстановке является его ледопроходимость, которая подразделяется на ледопроходимость в сплошном льду (рассчитывается методом Е.М. Грамузова) и на ледопроходимость в битых льдах (рассчитываемых методом Н.В. Калининой).

Рассчитана ледовая ходкость проектируемого судна, а также судов, имеющих аналогичные характеристики, что и проектируемое судно (водоизмещение, ширина, мощность), но отличные от проектируемого характеристики формы корпуса. Результаты получены при движении в сплошных и битых, речных и морских льдах: при текущих исходных данных наиболее оптимальной формой корпуса является форма 1191, однако ледопроходимость проектируемого судна близка к ней.

1. **Ионов Б.П.,** Е. М. Грамузов. Ледовая ходкость судов. – СПб.: Судостроение, 2001. – 512 с., ил.

УДК 629.124

ЕВДАКОВА С.Е.

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ГРУЗОВОЙ ПЛАТФОРМЫ НА ВОЗДУШНОЙ ПОДУШКЕ КЛАССА ⊛R3-RSNACV

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Развитие современных транспортных систем требует комплексных инновационных решений, направленных на повышение эффективности грузоперевозок в различных природно-климатических условиях. Грузовые платформы на воздушной подушке (ГПВП) представляют собой уникальный класс транспортных средств, обеспечивающих высокую маневренность и эффективность, что особенно актуально для районов с труднодоступным рельефом и изменчивыми погодными условиями.

При разработке перспективной платформы в связи с непростыми условиями эксплуатации необходимо учитывать не только традиционные требования, но и интегрировать современные технологии, что позволит повысить надёжность, экономичность и экологическую безопасность судна.

Разработана ГПВП с техническими характеристиками:

- Длина по КВЛ $L_{КВЛ}$ 43,8 м
- Ширина $B_{КВЛ}$ 18,36 м
- Высота борта H 5,129 м
- Водоизмещение D 550 т
- Дедвейт DW 210 т
- Скорость v, 85-95 км/ч
- Дальность хода, R 1000 км

Концептуальное решение платформы включает следующие ключевые элементы:

- корпус: для постройки данного судна выбраны современные материалы – алюминиевые сплавы класса АМГ5 и Д16Т, известные высокой прочностью и коррозионной стойкостью.

Предусмотрен модульный принцип компоновки и сборки платформы, что позволяет адаптировать судно под запросы отрасли;

- грузовой отсек: грузовая палуба имеет возможность быстрой трансформации для различных видов грузов (колесная техника и контейнеры). Грузоподъемность обеспечивает транспортирование 210 тонн груза с допустимым распределением нагрузки по площади платформы;

- воздушная подушка: на данном судне применена камерная схема формирования воздушной подушки. Подушка ограждается двумя баллонами, которые выполняют роль гибких скегов, что позволяет передвигаться судну по воде, грунту и льду. Применение данного типа гибких ограждений позволяет оптимизировать поддержку и снизить энергозатраты;

- энергетическая установка: состоит из нагнетательного и подъемного комплексов. Нагнетательный комплекс включает в себя: газотурбинные двигатели, трансмиссии, муфты, редукторы и поворотную колонку с воздушным винтом открытого типа. Подъемный комплекс состоит из пяти центробежных вентиляторов с каждого борта, газотурбинных двигателей и системы редукторов. Все составляющие энергетической системы дублированы с каждого борта, что повышает уровень выживаемости судна при отказе или поломке одного из компонентов каждого комплекса;

- система управления: Современная автоматизированная система, интегрированная с навигационным оборудованием и бортовой диагностикой. Обеспечивает точное управление движением, мониторинг состояния технических систем и безопасность эксплуатации, что особенно важно для грузовых платформ в динамичных режимах эксплуатации.

На рис. 1 представлена 3Д модель разработанной грузовой платформы.

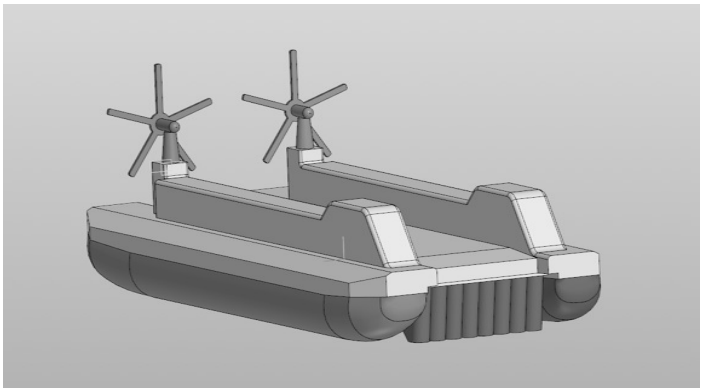


Рис. 1. 3D- модель проекта грузовой самоходной платформы

Разработанная платформа класса КМ⍟R3-RSNACV позволит решить следующие эксплуатационные задачи:

- транспортировка грузов в труднодоступных районах с водными и пересечёнными ландшафтами;
- эксплуатация в Арктических зонах, где требуются комбинированные свойства водо- и ледоходности;
- промышленные комплексы с нуждой перемещения грузов с минимальными затратами времени и топлива.

Реализованные технические решения и выбранные конструктивные элементы обеспечивают необходимую грузоподъемность и соответствуют требованиям Российского морского регистр судоходства.

---

1. Злобин Г.П., Симонов Ю.А. Суда на воздушной подушке. Ленинград, «Судостроение», 1971 г., с. 212.

УДК 629.12

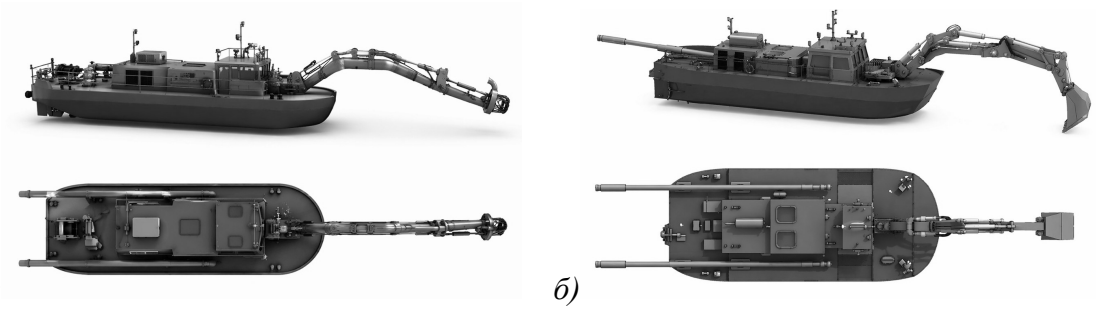
ЕРШОВ И.А.

ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЙ ФЛОТ: КАК УСТРОЕНО И РАБОТАЕТ ДНОУГЛУБИТЕЛЬНОЕ СУДНО

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Речная сеть Российской Федерации служит важной транспортной артерией для судов смешанного и внутреннего плавания. Однако в последние годы наблюдается тенденция к обмелению ряда водотоков под влиянием климатических и антропогенных факторов. Это создаёт риски для судоходства. Поддержание гарантированных глубин требует регулярного проведения дноуглубительных работ с использованием специализированного флота. В связи с этим проектирование новых дноуглубительных судов является актуальным.

Представлен проект автономного самоходного дноуглубительного судна на класс ✠О 2,0 А1, предназначенного для выемки и удаления грунта со дна водоёмов, углубления фарватеров, каналов, рейдов и других районов моря с целью обеспечения безопасной навигации судов. Разработанная 3D-модель представлена на рис. 1 в 2-х вариантах: с землевсасывающей установкой (рис. 1, *а*) и с экскаваторным ковшом (рис.1, *б*).



а) *б)*

Рисунок 1. Модель дноуглубительного судна «Землеройка»:
а) с землевсасывающей установкой; б) с экскаваторным ковшом

Землевсасывающая установка с фрезой состоит из: разрыхлителя фрезерного, который разрыхляет грунт и смешивает его с водой, образуя пульпу; грунтоприемника, расположенного непосредственно за разрыхлителем и всасывающего полученную пульпу; грунтового насоса, который по трубопроводу поднимает от грунтоприемника пульпу на поверхность и сбрасывает ее либо в грунтоотвозную шаланду (при групповой работе), либо напрямую в отведённое место с помощью рефулера (при одиночной работе); стрелы манипулятора и гидравлики управления. Данной установкой можно проводить выемку грунта с достаточно большой скоростью с глубины до 11 метров.

Землечерпательная установка с экскаваторным ковшом включает стрелу манипулятора и гидравлику управления. Данной установкой можно проводить выемку грунта до 10 метров.

Также данное дноуглубительное судно имеет удерживающие стойки-сваи, которые опускаются и фиксируются гидравликой. Они же задают требуемую позицию судну на месте выработки.

Представленное судно является автономным, способно в автоматическом режиме проводить швартовные работы при помощи квадрокоптеров и автоматических якорно-швартовных лебёдок. На нём располагается система динамического мониторинга и система автоматического управления в симбиозе с использованием технологий искусственного интеллекта.

Эксплуатация дноуглубительного судна позволит эффективно выполнять гидромеханизированные работы в водной среде с высокой производительностью и точностью.

---

1. Лукин Н.В. Суда технического флота / Н В. Лукин, С.Н. Разживин, А.С. Стариков. - М. : Транспорт, 1992. - 335 с.

УДК 629.563.42

ИСАКИЧЕВ Д.В., КЛЫЧЕВ А.Р., ПРИЩЕПЮК А.А.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДНОУГЛУБИТЕЛЬНОГО СУДНА ДЛЯ РАЗВИТИЯ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

По мере развития северного морского пути (СМП) и строительства крупнотоннажного флота все чаще начинает вставать вопрос о поддержании и создании необходимых глубин в портах и подходных каналах. Арктические моря и проливы сами по себе являются зонами обширного мелководья. Существующие маршруты СМП (за исключением высокоширотных трасс) предназначены для судов с осадкой 4–6 метров, в то время как крупнотоннажные суда имеют осадку от 12 до 15 метров.

До 2022 года 98 % всего объема дноуглубления в российских портах выполняли члены “большой четверки” - VanOord, Boskalis, JanDeNul, DEME, но они ушли и за 2024 год по трем объектам Обской губы суммарный объем ремонтных дноуглубительных работ составил всего лишь 0,421 млн м^3 [1].

При проектировании дноуглубительного судна, предназначенного для работы в северных морях следует учесть ряд факторов:

1) особые экологические требования (работа в условиях хрупкой арктической экосистемы);
2) неблагоприятная ледовая обстановка (возможность работы в битом льду и продление навигации);
3) защита забортного оборудования от обледенения и воздействия льда;
4) большая автономность (отсутствие портов-убежищ и баз снабжения по маршруту);
5) подогрев перевозимого грунта (для предотвращения смерзания в трюмах или пульпопроводах при отрицательных температурах);
6) повышенная маневренность (для работы в узких проливах и акваториях портов);
7) высокая степень автоматизации (для снижения численности экипажа и влияния человеческого фактора в тяжёлых погодных условиях).

Таким образом, импортозамещение в сфере технического флота становится ключевым условием дальнейшего роста грузопотока по СМП. Без наличия специализированных арктических земснарядов (землесосов) достижение плановых показателей ремонтного дноуглубления в 35 млн м^3 к 2030 году представляется трудновыполнимой задачей.

1.**Анохин Д.** Снизу постучали //Страна Росатом - 2025. - нояб. - № 43 (699). - С. 4.

УДК 629.124

КОСОЛАПОВА К.Д.

ОБОСНОВАНИЕ И ВЫБОР ДВИЖИТЕЛЬНО-РУЛЕВОГО КОМПЛЕКСА РЕЧНОГО ПРОГУЛОЧНОГО СУДНА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Согласно заданию на ВКР проектируемое судно предназначено для речных прогулок по Оке и Волге в районе Нижнего Новгорода продолжительностью до двух часов. Пассажировместимость судна составляет 40 человек, скорость хода 25 км/ч, осадка не более 0,5 м. Класс судна РКО « Р 1,2».

В настоящее время на судах, в том числе пассажирских, работающих на мелководье, достаточно широко применяются водометные движители. Это во многом связано с их способностью преодолевать мелководные участки, засоренные акватории и препятствия, которые могут повредить традиционные гребные винты. По своим техническим характеристикам для проектируемого судна подходит водометный движитель с диаметром рабочего колеса 420 мм, разработанный НПО «Винт», головного филиала АО «ЦС «Звездочка» [1].

Данный движитель (рис. 1) предназначен для использования в качестве главного движительно-рулевого комплекса на судах, эксплуатируемых на пресноводных водоемах. Для различных корпусов судов движитель изготавливается из алюминиевого сплава или стали. Для привода водомета можно будет использовать двигатель ЯМз238Д2 мощностью 220 кВт с частотой вращения гребного вала 1500 об/мин.

Водометный движитель после монтажа на судне не имеет элементов, выступающих за пределы днища, что снижает риск повреждения движителя при работе в сложных условиях и

на мелководье. Водозаборник водомета снабжен защитной решеткой, препятствующей попаданию посторонних предметов при работе в сильно загрязненных акваториях, а также смотровым лючком для очистки проточной части и проведения осмотра, доступ к которому осуществляется из ахтерпика.

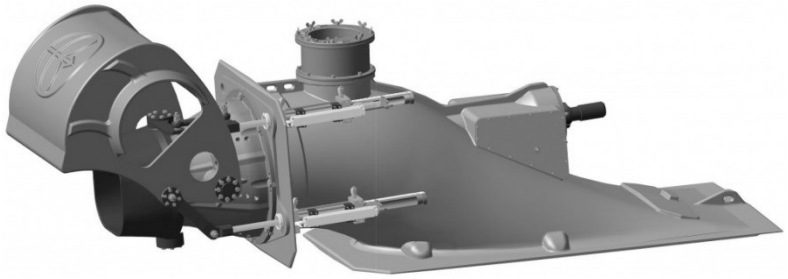


Рис. 1. Водометный движитель разработки НПО «Винт»

Управление движением судна на всех режимах работы (в том числе разворот судна на месте) обеспечивается высокоэффективным реверсивно-рулевым устройством, состоящим из поворотной насадки и реверсивной заслонки. Поворотная насадка, приводимая гидроцилиндром, питаемым от ручного насоса, совмещенного со штурвалом, отклоняет вектор тяги от оси движителя на угол ±22,5°, что достаточно для уверенного управления судном на переднем ходу.

Реверсивная заслонка разворачивает поток воды на 180°, обеспечивая тем самым тягу заднего хода без реверса направления вращения приводного вала. При промежуточном положении заслонки, определяемом экспериментально, возможно получение «нулевой тяги» – режима, при котором обеспечивается неподвижность судна без остановки двигателя. Управляемость на заднем ходу достигается поворотом насадки, при котором часть потока направляется в боковые каналы заслонки, создавая тем самым боковую тягу. Привод реверсивной заслонки – следящий, от гидроцилиндров, питаемых автономным электронасосным агрегатом.

Контроль положения элементов реверсивно-рулевого устройства осуществляется с блока управления, устанавливаемого в рубке, на который выводятся показания с датчиков положения.

---

1. Водометный движитель для речных судов URL: https:// www.korabel.ru/news/comments/vodometnyy_dvizhitel_dlya_rechnyh_sudov. html(дата обращения: 09.03.26).

УДК 621.313

КОФНОВ К.А.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ НА МОРСКИХ СУДАХ

ФГБОУ ВО Керченский государственный морской технологический университет

В последние время солнечная энергетика активно внедряется в морское судоходство. Использование солнечных батарей на судах – это не только шаг к снижению выбросов и экономии топлива, но и важный элемент развития экологически чистого морского транспорта [1].

Wattlab (Нидерланды) – это первая компания, которая установила полноценную рабочую систему солнечных панелей. На грузовом судне MV Vertom Tula было установлено 45 солнечных панелей. EcoMarinePower (EMP) - немецкая компания, которая занималась, установкой солнечных панелей, максимальная мощность которых составляет около 80 киловатт.

С помощью такого решения компания покрывает 20-30 процентов энергопотребления судовых систем, этим же компания экономит топливо и понижает выбросы в атмосферу.

В то же время российские ученые представляют современный катамаран, такой как научно-исследовательское судно «Эковолна». Особенность катамарана «Эковолна» – это 90 процентов комплектующих российского производства. Установкой солнечных панелей занималась российская компания «Hevel». По заявленным характеристикам максимальная установленная мощность этого катамарана составляет 11 киловатт и емкость литий-ионных аккумуляторов составляет 70 кВт в час. В 2018 году катамаран «Эковолна» был поставлен на испытания, данному судну предполагалось пройти по речным путям от Санкт-Петербурга до Астрахани. Длина пройденного речного пути от Балтийского до Каспийского моря составила 5987 км. За этот весь путь топливо не применялось, судно дошло до точки назначения с помощью солнечной энергии. После двух лет эксплуатации катамаран «Эковолна» столкнулся с существенным снижением выработки солнечной энергии собственной электростанцией.

По данным исследований фирмы «Hevel» было выявлено, что при эксплуатации этого катамарана в южной части России температура окружающей среды негативно влияет на солнечные модули. На этапе эксплуатации при проведении испытаний были установлены панели «Hevel 5 Busbar», которые плохо показали себя при работе в жарком климате. Компания приняла решения о применении более современных модулей и обосновала замену на солнечные панели от компании «НТЦ ТПТ». Модули «НТЦ ТПТ» предназначены для длительной эксплуатации в жарких климатических условиях и выдерживают перегрев до температур более чем 70°С.

Таким образом, российские и иностранные судостроительные компании получают возможность для внедрения производства альтернативной энергии на судах.Такие технологии делают морской транспорт экологичнее, экономичнее и современнее. Использование солнечной энергии на судах может и должно становится общепринятым стандартом при эксплуатации судовых электротехнических комплексов, что существенно изменяет облик современных судов.

1.Порохин, В. А. Использование солнечной энергии на судах // Энергия-2021: Тезисы докладов Шестнадцатой всероссийской (восьмой международной) научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 6-ти томах, Иваново, 06–08 апреля 2021 года. Том 3. – Иваново: Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина, 2021. – С. 78.

УДК 629.124

КОЧКИН М.Д.

ВЛИЯНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПЛОТНОСТЬ МОРСКОГО ЛЬДА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Реализация Стратегии развития судостроительной промышленности на период до 2036 года и на дальнейшую перспективу до 2050 года, утверждённой распоряжением Правительства РФ [1], требует повышения точности прогнозирования ледовых качеств судов ледового плавания на ранних стадиях проектирования. Существующие полуэмпирические методы расчёта ледового сопротивления традиционно используют усредненные значения физико-механических свойств (ФМС) морского льда. Применение типовых значений ФМС без учёта регионов эксплуатации приводит к завышению или занижению ледовых нагрузок, что влияет на оптимальность выбора конфигурации обводов корпуса и мощности энергетической установки. Одним из базовых свойств, влияющих на величину ледового сопротивления, является плотность морского льда.

Цель данной работы – теоретически исследовать влияние термодинамических и структурных факторов на величину плотности морского льда в контексте прогнозирования ледового сопротивления движению судна.

В качестве исходных данных использованы многочисленные научные публикации по исследованию свойств льда, в частности, фундаментальные работы Богородского В.В., Cox-Weeks, Timco [2-4], а также современные научные статьи в журналах и доклады на конференциях. В работе использован метод системного анализа литературы и метод теоретического обобщения и синтеза.

Методологическую основу исследования составили термодинамические модели многокомпонентных материалов. Плотность морского льда рассматривалась как аддитивная функция объёмных долей твёрдой фазы, жидкого рассола и газовых включений с учётом температурно-солевой - воздушной зависимости и фазового равновесия.

Получена замкнутая система уравнений для расчёта плотности морского льдаρ_{ice} в зависимости от влияющих факторов:

$$\rho_{ice} = \rho_{pi}(T)v_{pi}(T) + \rho_b(T, S_b, S_w)v_b(T, S_{ice}, \rho_{ice}, v, t) + \rho_a(T, p)\, v_a\big(T, S_{ice,}, \rho_{ice}, v, t\big) \quad (1)$$

где: $\rho_{pi}(T)$, $v_{pi}(T)$, $\rho_b(T, S_b, S_w)$, $v_b(T, S_{ice}, \rho_{ice}, v, t)$, $\rho_a(T, p)$, $v_a\big(T, S_{ice,}, \rho_{ice}, v, t\big)$ – функции плотности чистого льда, относительного объема чистого льда, плотности рассола, относительного объема рассола, плотности воздуха, относительного объема воздуха.

Аргументами функций являются:T, S_w, S_b, v, t, p (температура, соленость воды, соленость рассола, скорость образования льда, возраст льда, давление).

Приняты допущения о квазистатическом термодинамическом равновесии и изотропности макроскопических характеристик в пределах элементного объёма.

Уравнение (1) требует итерационного решения поскольку объёмные доли рассола v_b и газа v_a зависят от искомой плотности ρ_{ice}, которая, в свою очередь, определяется через эти же объёмные доли. Это создаёт циклическую (неявную) зависимость, исключающую возможность последовательного вычисления без нарушения закона сохранения массы.

Разработан алгоритм итерационного решения полученной системы уравнений.

С практической точки зрения, разработанная система уравнений может быть интегрирована в автоматизированные системы проектирования в виде параметрического модуля. Данный модуль должен позволять проектировщику задавать климатические параметры акватории и автоматически получать скорректированные значения физико-механических свойств для полуэмпирических расчётов. Это особенно актуально в условиях изменчивости арктического климата и смещения ледовых границ, наблюдаемых в последние десятилетия. Параметризация плотности обеспечивает возможность динамической корректировки проектных решений на ранних этапах, когда изменения обводов и компоновки сопряжены с минимальными финансовыми затратами.

Таким образом, в работе разработана аналитическая система уравнений, связывающая плотность морского льда с реальными и измеряемыми термодинамическими параметрами, что повышает точность прогнозов полуэмпирических методов и использования реальных ФМС свойств льда в численных методах *CFD-DEM* моделирования.

В дальнейшем представляется целесообразным распространить предложенную методологию на расчёт механических свойств морского льда (предела прочности, модуля упругости и т.д.).

Библиографический список

1. Стратегия развития судостроительной промышленности на период до 2036 года и на дальнейшую перспективу до 2050 года: утв. распоряжением Правительства РФ от 17.05.2024 № 1285-р. – URL: https://docs.cntd.ru/document/563615576 (дата обращения: 20.01.2025).

2. Cox G. F. N., Weeks W. F. Equations for determining the gas and brine volumes in sea-ice samples // Journal of Glaciology. – 1983. – Vol. 29, № 102. – P. 306–316.
3. Timco G. W., Frederking R. M. W. A review of sea ice density // Cold Regions Science and Technology. – 1996. – Vol. 24, № 1. – P. 1–6. – DOI: 10.1016/0165-232X(95)00007-X.
4. Богородский В. В., Гаврило В. П. Лед. Физические свойства. Современные методы в гляциологии. – Л. :Гидрометеоиздат, 1980. – 384 с.

УДК 629.123

КУРГАНСКАЯ И.Е., БЛИНОВ К.Д., МАРЧЕНКО В.Д.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДОЛЬНОГО УСКОРЕНИЯ МОДЕЛИ ЛЕДОКОЛА ПРИ ДВИЖЕНИИ НАБЕГАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПЛАЙН-АППРОКСИМАЦИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Изучение поведения ледоколов при движении в сложных ледовых условиях является важной задачей в области судостроения и эксплуатации судов ледового класса, особенно в арктических регионах. Целью работы является экспериментальное определение продольного ускорения модели ледокола при движении набегами и обоснование возможности переноса полученных результатов на натурное судно на основе критерия гидродинамического подобия Фруда.

В экспериментах, проведённых в ледовом опытовом бассейне НГТУ на модели ледокола пр. 1191 (масштаб 1:50), регистрировалась зависимость скорости υ(t). Продольное ускорение находилось как производная υ(t) на каждом интервале сплайна.

Согласно критерию гидродинамического подобия Фруда, при масштабировании модели ледокола на натуру скорости и время пересчитываются с учётом линейного масштаба, однако продольное ускорение оказывается инвариантным — его численное значение для модели и натурного судна одинаково. Это означает, что динамика разгона и торможения, измеренная на модели, непосредственно характеризует поведение натурного судна без дополнительных пересчётов.

Для обработки экспериментальных данных на языке Python была написана программа, реализующая кубическую сплайн-аппроксимацию зависимости υ(*t*). Последующее дифференцирование позволило построить график продольного ускорения $a_x(t)$ (рис. 1) и получить физически достоверные значения (максимальное ускорение при разгоне и замедление при торможении).

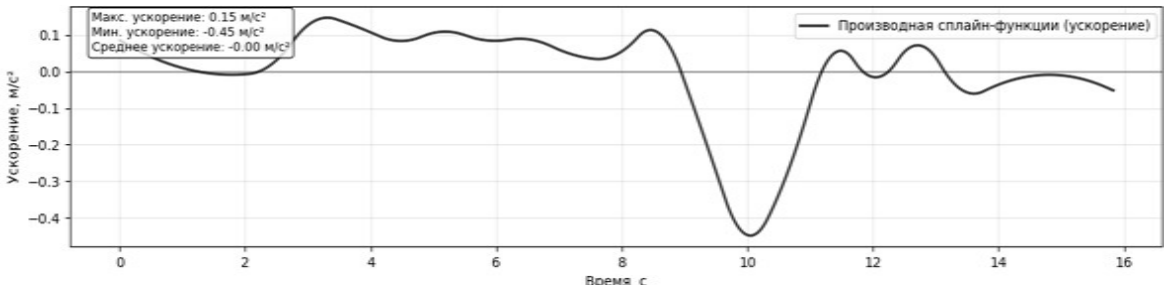


Рис. 1. График продольного ускорения модели по оси x

Полученные зависимости ускорения от времени отражают динамику изменения скорости, выявляют критические режимы движения (разгон, торможение, равномерное движение), позволяют оценить действующие на судно силы.

1. Зуев В.А., Грамузов Е.М., Калинина Н.В. Ходкость речных ледоколов в тяжелых льдах // Вторая международная конференция по судостроению — ISC'98. — СПб.: ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова, 1998. — С. 65-74.

УДК 629.123

МАРЧЕНКО В.Д.,БЛИНОВ К.Д., КУРГАНСКАЯ И.Е.

ОБРАТНО-ИНДУКЦИОННЫЙ МЕТОД МОДЕЛИРОВАНИЯ ЛЕДОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ С РАЗДЕЛЕНИЕМ СОСТАВЛЯЮЩИХ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

При проектировании судов ледового класса ключевой проблемой является пересчёт сопротивления движению во льдах с модели на натуру. Существующие методы имеют недостатки: раздельное моделирование (сплошной + битый лёд) трудоёмко, а полуэмпирические подходы с композитным льдом требуют дополнительных испытаний по определению работы разрушения[1]. Цель работы – разработать метод пересчёта, использующий только буксировочные испытания в композитном льду и теоретическое разделение сопротивления на прямое ($R_{\text{пр}}$) и скоростное (R_{v}).

Из экспериментов получают зависимости $R^{\text{м}}(v^{\text{м}})$ для различных толщин проморозки $h_{\text{м}}$, при этом прямое сопротивление соответствует ординате при $v\text{м} = 0$. Далее выделяется скоростное сопротивление как разность $R_v^{\text{м}} = R^{\text{м}} - R_{\text{пр}}^{\text{м}}$.

Затем выполняется пересчёт $R_v^{\text{м}}$ на натуру по критерию подобия Фруда.

Заключительным шагом прямое сопротивление на натуре $R_{\text{пр}}^{\text{н}}$ определяется методом обратной индукции: на диаграмму ледопроходимости наносятся кривая тяги $Pr(v^{\text{н}})$ и кривая $R_v^{\text{н}}(v^{\text{н}})$, а искомое $R_{\text{пр}}^{\text{н}}$ находится из условия равенства скоростей, получаемых из уравнения тяги и из аппроксимации $v\text{н}(h\text{н})$, то есть $Pr(v\text{н}) = R\text{н}v(v\text{н}) + R\text{нпр}$.

Построена диаграмма ледопроходимости [2]. Дополнительная проверка на модели пр.1191 (масштаб 1:50) подтвердила работоспособность метода. Выявленная погрешность связана с различием масштабов моделей и требует калибровки.

Таким образом, предложенный метод позволяет пересчитывать ледовое сопротивление без дополнительных испытаний по пролому ледяного поля. Ограничение – чувствительность к масштабу, что указывает на необходимость дальнейших исследований.

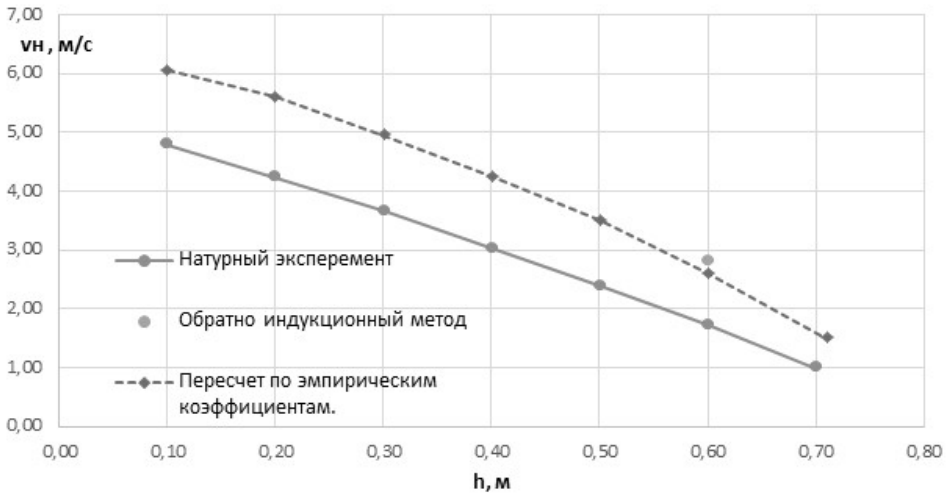


Рис.1. Диаграмма ледопроходимости ледокола пр. 1191

Библиографический список

1. В.А. Зуев//Е.М. Грамузов – Моделирование ледового сопротивления судна 2011г – 190 с.
2. Е.М. Грамузов//Н.В. Калинина// К.Д. Блинов//А.А. Куркин – Экспериментально-теоретическое прогнозирование ледовой ходкости с использованием композитной модели льда. 2025г – 34с

УДК 004.65:629.5

МИНЛИГАРЕЕВ В.А., СЕБИН А.С.

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ДЕФОРМАЦИИ ЛЬДА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В работе рассматривается задача проектирования базы данных для хранения и обработки результатов экспериментальных исследований деформации ледяного покрова под воздействием нагрузок. Актуальность исследования обусловлена необходимостью структурирования большого объёма экспериментальных данных и обеспечения их последующего анализа в рамках научных задач судостроения.

В ходе работы проведён анализ существующих технологий организации баз данных, включая текстовые, иерархические, сетевые, реляционные и нереляционные модели. Обоснован выбор реляционной модели как наиболее подходящей для рассматриваемой задачи за счёт её гибкости, возможности строгого описания связей и обеспечения целостности данных.

Разработана логическая структура базы данных, ориентированная на хранение параметров экспериментов, характеристик льда, нагрузок и результатов измерений. Выполнено выделение ключевых сущностей и их атрибутов, сформированы связи между ними. Построена ER-диаграмма в нотации Мартина, что позволило формализовать структуру данных и обеспечить её наглядность.

Особое внимание уделено нормализации данных, что позволило минимизировать избыточность и повысить согласованность информации. Предложенная архитектура базы данных характеризует условия научных исследований и может быть использована как основа для разработки программного обеспечения, автоматизирующего обработку экспериментальных данных.

Результаты работы в будущем могут применяться при создании специализированных информационных систем для анализа взаимодействия нагрузок со льдом, а также в задачах моделирования и прогнозирования поведения ледяного покрова.

Библиографический список

1. Мартишин, В.Л. Базы данных. Практическое применение СУБД SQL и NoSQLтипа для проектирования информационных систем : учебное пособие/ С.А. Мартишин, В.Л. Симонов, М.В. Храпченко. - Москва: Ид «ФОРУМ» : ИНФРА-М, 2022. - 368 с.

2. Фиайли, Крис. Ф48 SQL. Руководство для использования с любыми SQL СУБД / К. Фиайли ; пер. с англ. А. В. Хаванова. — 2-е изд., эл. — 1 файл pdf : 454 с. — Москва : ДМК Пресс, 2023.

УДК 621.313

ПОЛЯКОВ А.Т.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА МОРСКИХ КОНТЕЙНЕРНЫХ СУДОВ

ФГБОУ ВО Керченский государственный морской технологический университет

Электротехнические комплексы современных морских судов находятся на этапе трансформации, ужесточения требований, касательно роста цен на тяжелое топливо и необходимостью повышения эффективности [1]. Это способствует поиску новых и нестандартных решений. При отсутствии автоматизированной системы управления и распределения мощности, примерно треть аварий на судне связана со сбоями в судовой электросети. Для контейнеровозов риск остаться обесточенным особенно велик, например, в момент одновременного включения большого количества рефрижераторных контейнеров и основных судовых потребителей.

Для более эффективной работы на судах внедряется автоматизированная система распределения электрической мощности (PowerManagementSystem - PMS), которая управляет и распределяет мощности, мониторит нагрузку на генераторы в режиме реального времени. При вводе в работу очередного генератора система автоматически синхронизирует его и пропорционально делит активную и реактивную мощность между параллельно работающими установками, обеспечивается автоматический пуск/стоп источников питания, защита судовой сети от перегрузок. Большое значение имеет приоритет потребителей при возникновении перегрузки или выхода генератора из строя - PMS отключит второстепенные, неответственные устройства, а критически важное оборудование останется в работе. В случае, когда суммарной генерируемой мощности от судовой электростанции не хватает при подключении большего количества рефрижераторных контейнеров, используют портативные дизель генераторы, известные как Powerpack, которые размещаются на палубе судна без каких-либо существенных конструктивных изменений [2]. Powerpack часто работают в автономном режиме от общесудовой электростанции.

Альтернативный подход предлагает установку на судно необходимого количества портативных дизель-генераторов (500-1500 кВт), но интегрируемых в судовую сеть посредством PMS. Если их работа будет синхронизирована со судовыми генераторами, то появится возможность распределять нагрузку между всеми потребителями. При маневрировании в порту и в сложных погодных условиях требуется одновременный запуск мощных потребителей, при этом PMS распределит нагрузку так, чтобы генераторы работали на уровне 80-85% нагрузки, обеспечивая безопасность рефрижераторных грузов. Дополнительным преимуществом будет увеличение ресурса работы судовых генераторов благодаря интеграции в система распределения электрической мощности Powerpack.

Таким образом, разработка метода внедрения и интеграции Powerpack в судовую электростанцию с системой управления и распределения мощностей PMS направлена на совершенствование электротехнического комплекса морских контейнерных судов для повышения их надежности и эффективности.

Библиографический список

1. Савенко, А. Е. Улучшение эксплуатационных характеристик электротехнических комплексов морских судов / А. Е. Савенко, П. С. Савенко // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2023. – Т. 25, № 6. – С. 78-88.

2. Губаев И. И. Анализ возможности обеспечения электрической энергией дополнительного количества рефрижераторных контейнеров при перевозке на морских судах / И. И. Губаев, Н. Ю. Кухарев// Образование, наука и молодежь - 2025: Сборник трудов по материалам Научно-практической конференции студентов и курсантов, Керчь, 2025. – С. 333-335.

УДК 629.5.018.71

РУМЯНЦЕВ Н.Е.

ВЫБОР МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ И ИХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПОГРЕШНОСТИ ПРИ РАСЧЁТАХ АЭРОГИДРОДИНАМИКИ В *CAE*-СИСТЕМАХ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

На сегодняшний день математические модели и способы автоматизации расчётов играют важную роль. *CAE*– системы существенно ускоряют и удешевляют исследования спроектированного аппарата. Одной из наболее сложных сфер расчёта – аэрогидродинамика.

CAE – системы требовательны как к мощностям вычислительных центров или компьютеров, так и к знаниям эксплуатантов. При неграмотном подходе программа может не суметь обсчитать модель, перейдя от уточнения к расхождению, т.е. постепенному увеличению погрешностей по мере расчёта, либо же получить нефизичный результат.

Рассчётная модель должна содержать корректную инфляцию (сгущение ячеек вблизи стенки модели) с *WallPlus*около или ниже единицы, с достаточным числом слоёв. В противном случае произойдёт некорректный расчёт процессов вблизи стенки модели, что напрямую влияет на значения решения. Пример расчёта подводного крыла и значения погрешностей при разных *WallPlus*показаны в табл. 1.

Таблица 1

Влияние параметра y^+ на подъемную силу

y^+	**Подъемная сила, Н**	**Расхождение, %**
1	13523	1,97
5	12955	6,09
30	12903	6,47
200	12348	10,48

Рассчётная область должна обеспечивать плавность перехода сетки, иначе расчёт впоследствии приведёт к сбою или нефизичным явлениям.

Каждая математическая модель имеет свои отличительные особенности, которые делают их более или менее предпочтительными для расчёта моделируемых условий. Пример учёта и визуализации вихрей за обдуваемым телом показан на рис. 2.

Иногда для большей сходимости может потребоваться корректирвока коэффициентов расчётной модели, например, ускоряя или замедляя срыв потока, что увеличивает или уменьшает зону отрыва и влияет на решение (коэффициенты подъёмной силы, сопротивления, момента и др.). Корректировку коэффициентов следует проводить в крайних случаях и на основании достоверного эксперимента.

Наиболее всего подходят под задачи аэрогидродинамики математические модели k-w*sst* и *t-sst*. Некоторые моделируемые условия невозможно разрешить в стационарной постановке, т.е. потребуется временной шаг, т.к. в противном случае произойдёт разваливание задачи. Более подробное можно ознакомиться с нестационарными задачами можно в [1].

а) б) в)

Рис. 1. Изоповерхность, построенная по результатам обтекания тела, выполненных в рамках различных подходов:а) двумерные стационарные уравнения Рейнольдса, *SA* модель;
б) трёхмерные нестационарные уравнения Рейнольдса, *SA* модель;
в) *SA DES* на мелкой сетке.

---

1. Гарбарук А.В., Стрелец М.Х., Травин А.К., Шур М.Л. Современные подходы к моделированию турбулентности. - Санкт-Петербург: Издательство Политехнического университета, 2016. - 234 с.

УДК 629.12

СТЕПАНОВ И.Д.

СУХОГРУЗНЫЙ ФЛОТ РОССИИ: АНАЛИЗ ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ И СТРАТЕГИИ МОДЕРНИЗАЦИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Сухогрузный флот России играет ключевую роль в транспортной системе страны, обеспечивая перевозки грузов по внутренним водным путям и в международных морских сообщениях [1]. Основные перевозимые грузы включают зерно, уголь, руду и строительные материалы [2]. Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения эффективности и экологичности сухогрузных перевозок в условиях роста международной торговли и развития внутренней логистики [3]. Цель работы – провести комплексный анализ сухогрузного флота России, выявить его ключевые проблемы и предложить направления модернизации.

Российский сухогрузный флот насчитывает около 1500 судов, большинство из которых эксплуатируется более 30 лет [4]. Основная часть флота сосредоточена в европейской части России, тогда как в Сибири и на Дальнем Востоке наблюдается дефицит современных судов [5]. Флот неоднороден: в его состав входят как крупнотоннажные морские суда, способные перевозить до 50 000 тонн груза, так и небольшие речные суда с грузоподъемностью от 1 000 до 5 000 тонн [6]. Морские сухогрузы преимущественно используются для международных перевозок, а речные – для транспортировки грузов внутри страны, включая строительные материалы и сельскохозяйственную продукцию [7].

Значительная часть флота была построена еще в советский период [8]. Устаревшие суда не только менее экономичны в эксплуатации, но и не соответствуют современным экологическим стандартам, что ограничивает их использование в международных перевозках [8]. Например, многие суда не отвечают требованиям IMO Tier III, которые регулируют выбросы вредных веществ в атмосферу [10]. Строительство сухогрузов в России сопряжено с высокими затратами, что связано с дорогостоящими импортными комплектующими, ограниченными мощностями судостроительных заводов и необходимостью соблюдения строгих требований к безопасности и экологии [11].

Сухогрузные суда делятся на универсальные, балкеры, контейнеровозы и лесовозы [12]. Их основные параметры: дедвейт – от 1 000 до 50 000 тонн, скорость – 10-15 узлов, автономность – 15-30 суток [13]. Современные суда, такие как проекты RSD59 и "Нева-Лидер", отличаются высокой грузоподъемностью, экономичностью и соответствием экологическим стандартам [14]. Однако старые суда, например, проект 19610, требуют модернизации или замены [15].

В настоящее время российский флот сталкивается с серьёзными вызовами. По оценке Минпромторга, доля импортного оборудования в отечественном судостроении составляет около 70%, что создаёт критическую зависимость от зарубежных поставщиков. Особенно остро стоит проблема обеспечения судовым комплектующим оборудованием, включая судовые двигатели и пропульсивные системы [16]. В условиях действующих ограничений большинство европейских верфей отказались работать с российскими контрагентами, что затруднило ремонт и обслуживание судов. Для повышения эффективности и конкурентоспособности флота необходимы следующие меры: увеличение доли современных судов, соответствующих экологическим стандартам; модернизация старых судов и развитие инфраструктуры, особенно в отдалённых регионах; снижение зависимости от импортных технологий за счёт развития отечественного судостроения.

Реализация предложенных мер позволит укрепить экономику страны, обеспечить устойчивое развитие транспортной отрасли и повысить роль России на мировом рынке сухогрузных перевозок [17]. Это, в свою очередь, будет способствовать укреплению экономических связей между регионами и повышению конкурентоспособности российского судостроения на международной арене [18].

Библиографический список

1. Морские вести России: официальный сайт. – https://morvesti.ru/ .
2. Российский судостроительный портал: официальный сайт. – https://shipbuilding.ru/.
3. Транспортное обозрение: журнал. – 2025. – №1. – С. 15-20.
4. Росморречфлот: официальный сайт. – https://morflot.gov.ru/.
5. Морские порты России: официальный сайт. – https://seaports.gov.ru/.
6. Судостроение России: официальный сайт. – https://sudostroenie.info/.
7. Логистика сегодня: журнал. – 2025. – №2. – С. 35-40.
8. Российский морской регистр судоходства: официальный сайт. – https://rs-class.org/.
9. Экологический вестник: журнал. – 2025. – №1. – С. 25-30.
10. IMO (International Maritime Organization): официальныйсайт. – https://www.imo.org/.
11. Судостроительная промышленность России: официальный сайт. – https://shipbuilding-industry.ru/.
12. Классификация судов: справочник. – М.: Транспорт, 2024. – 256 с.
13. Технические характеристики судов: справочник. – СПб. : ЦНИИТС, 2024. – 312 с.
14. Современные проекты судов: каталог. – М.: Росморречфлот, 2024. – 156 с.
15. Архив проектов судов : официальный сайт. – https://shipprojects.ru/.
16. Проблемы судоходства : сборник статей. – М. : Транспорт, 2024. – 284 с.
17. Экономическое развитие отрасли: аналитический доклад. – М. : Институт экономики транспорта, 2025. – 186 с.
18. Перспективы развития отрасли: прогнозный доклад. – М.: Минпромторг России, 2025. – 164 с.

УДК 629.124

ШЕРЕМЕТОВА Е.Ю.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВРЕМЕНИ ПРОКЛАДКИ КАНАЛА ЛЕДОКОЛОМ НА ТРАССЕ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Прогнозирование выполнения рейса ледоколом на высокоширотной трассе Северного морского пути (СМП) – критически важный элемент арктического судоходства: оно обеспечивает безопасность плавания в экстремальных ледовых условиях, оптимизирует затраты времени и ресурсов, позволяет эффективно планировать грузоперевозки и распределять ле-

докольный флот, снижает экологические риски и способствует развитию круглогодичной навигации, опираясь на современные спутниковые и гидрометеорологические технологии.

С помощью ледовых карт Арктики за 2024 год, составленных на основе спутниковых данных центром "Север" Арктического и антарктического научно-исследовательского института (ААНИИ), было спрогнозировано время выполнения сквозного рейса ледоколом на высокоширотной трассе СМП в различных ледовых условия в зависимости от времени года. Прогнозирование выполнено для дизель-электрического ледокола мощностью 18 МВт класса КМ ✪Icebreaker6 [1] AUT 1 для эксплуатации по СМП с характеристиками: *L*= 96,6 м; *B*= 27,6 м; *T*= 8,4 м; *H*= 12,3 м; *D*= 13090 т; *N*= 16000 кВт;автономность – 45 суток; экипаж – 28 (50) человек.

Прогнозирование было выполнено по следующему алгоритму:

1) прокладка выбранного маршрута на ледовых картах Арктики (Мурманск – порт Проведения);

2) разбивка маршрута на участки в зависимости от типов ледяного покрова или его отсутствия;

3) определение протяженности каждого участка, средней толщины льда на участке;

4) выбор режима движения (непрерывный ход в сплошном льду, битый лед, работа набегами) с использованием существующих алгоритмов;

5) расчет времени прохождения каждого участка, общего времени выполнения рейса и средней скорости движения ледокола на всем маршруте.

Полученные данные представлены в табл. 1 в зависимости от периода навигации.

Таблица 1

Прогнозирование времени прокладки канала ледоколом в разные сезоны

Зима-Весна				Лето				Осень			
Толщ. льда, м	Расстояние, м	Скорость, км/ч	Время, ч	Толщ.льда/сплоч., м/бал.	Расстояние, м	Скорость, км/ч	Время, ч	Толщ.льда/сплоч., м/бал.	Расстояние, м	Скорость, км/ч	Время, ч
0	973	25,2	39	0	2909	25,2	116	0	2931	25,2	116
0,3	1771	14,4	123	0,3/9	1129	23,4	48	0,1	6,3	23,0	3
1,2	825	7,2	115	1,2/6	515	21,5	24	0,3	3250	14,4	226
1,8	1085	1,4	775	1,5/9	295	9,4	31	***Трасса:***	***6244***	***18,1***	***345***
2,0	1596	1,2	1330	2,0/6	1435	4,3	337				
Трасса:	***6250***	***2,6***	***2382***	***Трасса:***	***6286***	***11,3***	***559***				

Из табл. 1 можно сделать вывод, что средняя продолжительность прохождения СМП в зимне-весенний период составляет 99 дней, в летний период 23 дня и в осенний – 15дней.

В зимне-весенний период рекомендуется работа на прибрежной трассе, в том числе в портах: Мурманск, Архангельск, Нарьян-Мар, Сабетта и Диксон, а также встреча и проводка каравана на маршруте пролив Вилькицкого-Мурманск.

В летне-осенний период ледокол может выполнять работы на всей восточной части СМП по высокоширотному маршруты, осуществлять проводку судов с низким ледовым классом или судов, не имеющих ледовый класс. Также возможно обслуживание всех портов, начиная от порта Диксон и заканчивая портом Провидения.

Библиографический список

1. Каштелян В.И., Позняк И.И., Рывлин А.Я. Сопротивление льда движению судна. Л.: Судостроение, 1968.– 239с.

2. Ионов, Б.П., Грамузов Е.М. Ледовая ходкость судов: монография.– СПб.: Судостроение, 2001.– 512 с.

УДК 629.123

ШУМИЛКИН Н.Д.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ САПР SOLIDWORKS ПРИ СОЗДАНИИ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА СУДНА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева

Цифровизация в судостроении открывает принципиально новые возможности для оптимизации проектирования, строительства и эксплуатации судов за счёт концепции цифровых двойников [1]. Цифровой двойник – это виртуальная модель реального объекта, которая не просто воспроизводит его геометрию, но и отражает текущее состояние объекта: поведение на тихой воде, волнении, ветре, изменении загрузки и т.д.

Создание цифрового двойника начинается с этапа трёхмерного моделирования в системах автоматизированного проектирования. В качестве исходных данных используются: теоретический чертеж корпуса, эскиз общего расположения, внешние виды и чертежи устанавливаемого оборудования.

САПР *SolidWorks* позволяет создать точный облик судна ещё до его постройки, с детальной проработкой как внешнего вида, так и конструктивных элементов. Система обеспечивает наглядность модели: её можно рассмотреть под любым углом, выполнить сечения, визуализировать сборку и разобрать на компоненты, а также переключаться между разными уровнями детализации — от общего вида до отдельных узлов.

В настоящей работе представлено создание цифрового двойника для судна-снабжения класса *KM⍟Arc 6 [1] AUT1 FF2WS DYNPOS-2 EPP Supplyvessel*. Основные технические характеристики приведены в табл. 1. На базе этих данных была построена трёхмерная модель представленная на рис. 1.

Таблица 1

Основные характеристики проектируемого судна

Параметр	Размерность	Значение
Длина по КВЛ $L_{КВЛ}$	м	95,53
Ширина $B_{КВЛ}$	м	21,4
Осадка T	м	7
Высота борта H	м	9,5
Мощность N	кВт	14440
Водоизмещение массовое D	т	9945
Скорость v	уз.	16
Автономность A	сут.	30
Численность экипажа (пассажиры) n	чел.	25 (40)

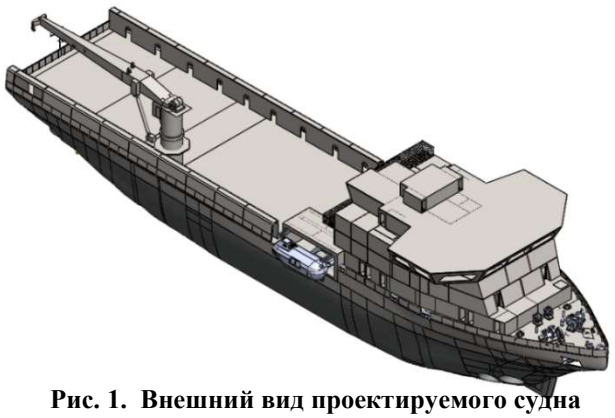


Рис. 1. Внешний вид проектируемого судна

Применение цифровых двойников в судостроении на базе САПР *SolidWorks* позволяет существенно оптимизировать проектирование и эксплуатацию судов за счёт виртуальных испытаний ещё до постройки. Созданная модель судна снабжения демонстрирует практическую реализацию подхода, обеспечивая высокую наглядность и достоверность данных для последующих расчётов.

---

1. Постников Р. А., Палкина Е. С. Перспективы промышленного применения «цифровых двойников» в судостроении. — Санкт-Петербург, 2021.

УДК 629.124

МОСКВИЧЕВА Ю.А.

АКТУАЛЬНОСТЬ ПОИСКА НОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ И ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОДЛЕНИЯ НАВИГАЦИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

История освоения России – это освоение ее рек и омывающих морей сначала в Европейской части страны, а затем в Сибири и на Дальнем Востоке. Географическое положение России с большим количеством морских и внутренних водных путей предопределило развитие судоходства в ледовых условиях. Успешное решение задач продления навигации связано с развитием технических, экономических, организационных и социальных вопросов. Для выполнения этой цели необходим не только достаточно мощный ледокольный флот, но и вспомогательные средства, обеспечивающие его эффективную работу, работу портов, гидротехнических сооружений, шлюзов, акваторий заводов и т.д. Достаточно острой остается задача борьбы с ледовыми заторами и, связанными с ними, разрушительными наводнениями. Разработка нефти и газа за Полярным кругом и расширением работ на шельфе Арктических морей привели к поиску новых эффективных средств проводки судов и продления навигации. Не менее важным является продление навигации и на внутренних водных путях, связанных с гарантированными сроками начала и завершения навигации. Северные территории занимают две трети территории России. Здесь сосредоточены основные месторождения газа, нефти, каменного угля, золота, алмазов, цветных металлов. Освоение нефтегазовых месторождений, продление навигации на внутренних водных путях, требует существенной поддержки ледокольными средствами.

Разрушение ледяного покрова, создание ледового канала и проводка судов осуществляется в основном ледоколами. Несмотря на свою универсальность, ледоколы имеют и ряд недостатков: невысокую эффективность как механизма разрушения льда и создания канала, высокую строительную стоимость и эксплуатационные затраты. Поэтому во всем мире ведется поиск новых технических средств и технологий, повышающих эффективность работы ледоколов. К ним относятся ледокольно-ледоочистительные приставки, гидро и пневмоомывающие установки на судах ледового плавания, раскачивающие устройства, специальные обводы корпуса. Эти средства в локально-конкретных случаях могут повысить эффективность ледоколов, не изменяя, по существу, технологию ледовых операций и сохраняя высокую стоимость и большие энергозатраты.

Одним из принципиально новых способов и технологий является использование ледокольных судов и платформ на воздушной подушке. Они могут работать в счале с небольшими ледоколами, ледокольными буксирами, с транспортными судами при работе в ледовых условиях. Применение ледокольных судов и платформ на воздушной подушке позволяет расширить возможности ледокольных средств. Несмотря на интерес к новым ледовым технологиям, целый ряд вопросов, связанных с их проектированием, остается не выясненным.

Уникальные возможности СВП, прежде всего, амфибийность, позволяют рассматривать эти транспортные средства как одно из наиболее перспективных видов транспорта для районов Сибири, Крайнего Севера и мелководных шельфовых районов арктических морей. Это вполне можно отнести и к внутренним водным путям. Отмеченное позволяет считать исследования, связанные с развитием ледокольного флота, в том числе, средств и технологий повышения его эффективности, актуальной задачей.

Библиографический список

1. Зуев В.А. Средства продления навигации на внутренних водных путях. – Л.: Судостроение, 1986. – 208 с.
2. Злобин Г.П., Симонов Ю.А. Суда на воздушной подушке. – Л.: Судостроение, 1971. – 212с.

Подсекция 5.2

Энергетические установки

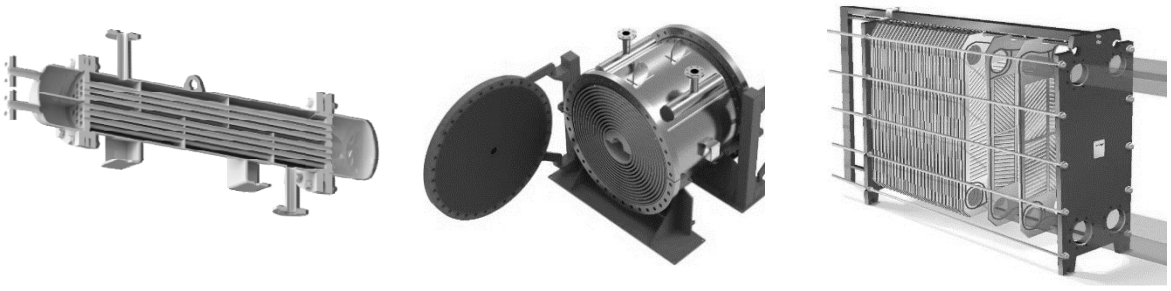
УДК 621.565.93/.95

МОНАХОВА Е.В., КРАЙНОВ А.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ТЕПЛООБМЕНА В РАЗЛИЧНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Теплообменные процессы играют важную роль в энергетике, химической промышленности и машиностроении, поскольку эффективность передачи тепла напрямую определяет экономичность и надёжность технологических систем [1,2]. Среди наиболее распространённых решений выделяют трубчатые, витые и пластинчатые теплообменники (рис. 1), которые отличаются конструкцией, характером движения теплоносителей и эффективностью теплообмена. Каждая из этих конструкций имеет свои преимущества и ограничения, что определяет области их наиболее целесообразного применения.



а) *б)* *в)*

Рис.1. Теплообменные аппараты:
а) трубчатый;*б)* витой;*в*) пластинчатый

Целью настоящей работы является исследование особенностей теплообмена в различных конструкциях теплообменных аппаратов и проведение сравнительного анализа трубчатого, витого и пластинчатого типов.

Показаны теоретические основы теплообмена и гидродинамики, включая теплопроводность, конвекцию и основные критерии подобия – числа Рейнольдса, Нуссельта и Прандтля. Выполнены расчёты коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи, потерь давления и тепловой мощности, а также проведено численное моделирование распределения температур и скоростей потоков.

Сравнительный анализ показал, что трубчатые теплообменники наиболее надёжны и имеют низкие гидравлические потери, витые обеспечивают оптимальное сочетание эффективности и компактности, а пластинчатые характеризуются наибольшей интенсивностью теплообмена при более высоком сопротивлении потоку.

Таким образом, выбор типа теплообменника зависит от условий эксплуатации и требований к системе. Для высоких давлений и надёжности предпочтительны трубчатые аппараты, для компактных решений – витые, а для максимальной эффективности теплопередачи –

пластинчатые. Проведённый анализ позволяет обоснованно выбирать конструкцию теплообменного оборудования с учётом энергоэффективности и эксплуатационных требований.

Библиографический список

1. Шишкин, В. И. Экспериментальное изучение процессов теплообмена: учебное пособие / В. И. Шишкин. — Нижний Новгород :Нижегор. гос. техн. ун-т им. Р. Е. Алексеева, 2003. — 48 с.
2. Теплотехника : учебник для вузов / под общ.ред. А. М. Архарова, В. Н. Афанасьева. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. — 792 с. : ил.

УДК 621.039

СТОРОЖУН К.А., СОБОРНОВ А.Е., МАЦИН Н.В. ГОЛУБЕВ С.Р., БЫСТРОВ Н.С., ЛАТУХОВА К.А.

ВЛИЯНИЕ ОТКРЫТО-ПОРИСТОЙ СТРУКТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ НА КОЭФФИЦИЕНТЫ ТЕПЛООТДАЧИ ПРИ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДАХ В ПРОЦЕССАХ КИПЕНИЯ И КОНДЕНСАЦИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В современной технике востребованы простые и надежные методы отвода тепла и поддержания заданной температуры устройств, функционирующих при тепловых нагрузках, которые на порядок превышают критические значения плотности теплового потока (КТП) при кипении в большом объеме для выбранного теплоносителя. Например, при стабилизации температуры узлов термоядерных установок, обеспечивающих ввод жидкого лития в плазму, с использованием воды требуется отводить потоки в диапазоне 10-40 МВт/м², причем рабочая температура должна удерживаться на отметке около 300 °С. Для диэлектрических жидкостей и хладонов, применяемых для охлаждения компонентов микроэлектроники, необходимый уровень теплосъема достигает 2-5 МВт/м².

Обеспечить термостабилизацию при столь высоких удельных потоках возможно лишь за счет фазовых переходов охлаждающей среды в сочетании с дополнительной интенсификацией теплопереноса. Данная задача остается одной из наиболее активно изучаемых теплофизическим сообществом на протяжении более чем десяти лет, но по-прежнему сохраняет свою актуальность и не имеет окончательного решения. В лабораторных условиях при кипении в большом объеме уже удавалось достичь требуемых плотностей тепловых потоков на участках поверхности площадью около 1 см² благодаря различным модификациям теплообменной зоны. В настоящее время усилия большинства исследователей сосредоточены на поиске и внедрении новых технологий структурирования поверхностей и управления самим процессом кипения.

В рамках настоящей работы, проведены комплексные экспериментальные исследования процесса конденсации и кипения на модифицированной теплообменной поверхности, представляющей собой открыто-пористую структуру. В ходе серии опытов, выполненных при различных тепловых потоках, зафиксированы особенности теплообмена, а также механизм перехода от пузырькового к пленочному кипению. Получены количественные зависимости коэффициента теплоотдачи при конденсации и кипении от температурного напора. Установлено, что наличие открыто-пористых структур способствует значительной интенсификации теплообмена по сравнению с гладкой эталонной поверхностью.

Представленные результаты позволяют обосновать перспективность применения открыто-пористых структур с целью повышения энергоэффективности испарительно-конденсационных аппаратов.

УДК 621.039

СТОРОЖУН К.А., СОБОРНОВ А.Е., МАЦИН Н.В., ГОЛУБЕВ С.Р., БЫСТРОВ Н.С., ЛАТУХОВА К.А.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛООТДАЧИ ПРИ КОНДЕНСАЦИИ И КИПЕНИИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЖИДКОСТИ ФК-5-1-12

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Современная тенденция к миниатюризации электроники и росту её удельного тепловыделения требует поиска новых инженерных решений для эффективного охлаждения и обеспечения температурной стабильности. Традиционные методы воздушного охлаждения нагретых поверхностей либо перестают работать, либо потребляют слишком много энергии для поддержания нужного теплового режима [1]. Водяные системы, в свою очередь, несут риски из-за электропроводности и коррозионной активности воды.

Перспективной альтернативой считается двухфазное иммерсионное охлаждение с использованием диэлектрических легкокипящих жидкостей. Однако проектирование таких систем осложнено нехваткой данных о тепловых и химических свойствах многих диэлектриков, поэтому требуется всестороннее изучение процессов теплообмена при кипении и конденсации применяемых хладагентов.

В рамках научно-исследовательской работы были проведены эксперименты по измерению коэффициента теплоотдачи жидкости ФК 5-1-12 в условиях кипения и конденсации на плоской медной пластине. Общая схема экспериментального стенда приведена на рис. 1.

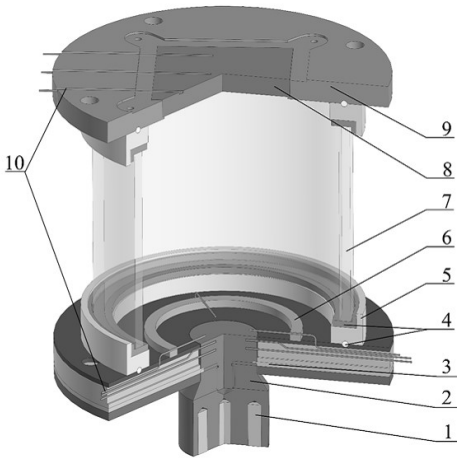


Рис. 1. Общая схема макета

1 – патронный трубчатый электрический нагреватель (ТЭН); 2 – нагреватель; 3 – крышка нижняя; 4 – прокладка силиконовая; 5 – проставка пластиковая; 6 – кольцо установочное; 7 –корпус; 8 – конденсатор-охладитель, 9 – крышка верхняя; 10 – термопара

В результате исследований получены зависимости плотности теплового потока от температурного напора при кипении данной диэлектрической жидкости, а также определены максимальные коэффициенты теплоотдачи при кипении и конденсации при атмосферном давлении. Кроме того, установлена зависимость критического теплового потока от давления жидкости в диапазоне 0,05-0,2 МПа.

---

1. J. Cho, J. Yang, C. Lee, J. Lee, Development of an energy evaluation and design tool for dedicated cooling systems of data centers: Sensing data center cooling energy efficiency, Energy Build. 96 (2015) 357-372.

УДК 621.039.52, 629.5.03, 621.039.6

ФЕДОСОВА Е.Д.

ВАРИАНТЫ ИСПОЛНЕНИЯ СИСТЕМ ОЧИСТКИ И РАСХОЛАЖИВАНИЯ СУДОВЫХ РЕАКТОРНЫХ УСТАНОВОК – ОТ ОК-150 ДО РИТМ-200

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Развитие систем очистки и расхолаживания (СОиР) в судовых реакторных установках (РУ) началось с атомного ледокола «Ленин» с РУ ОК-150 (1959 г.). Эта первая отечественная судовая РУ включала три водо-водяных реактора мощностью 90 МВт. У каждого реактора было по две циркуляционные петли с главными и аварийными насосами. СОиР направляла теплоноситель (тн) из реактора на теплообменник, где тн отдавал теплоту промежуточному контуру, а затем возвращался в активную зону. Однако эксплуатация ОК-150 выявила серьёзные проблемы, связанные с качеством тн. Из-за контакта с хлором, проникавшим в парогенератор с морской водой, возникала коррозия трубчатки. Это потребовало внедрения ионообменных фильтров в систему. В марте 1960 г. фильтры были смонтированы, что значительно улучшило качество тн. Из-за многочисленных проблем, возникающих при эксплуатации РУ, в 1967-1970 г. три реактора ОК-150 заменили на два более совершенных ОК-900.

РУ ОК-900 стала вторым поколением судовых РУ. Каждый из двух реакторов имел мощность 159 МВт. Оборудование системы очистки и расхолаживания имело в составе два ионообменных фильтра, холодильник фильтра, включающий в себя теплообменник и рекуператор, и насос расхолаживания. В новой реакторной установке реализовали улучшенную компоновку, снижающей протяженность трубопроводов большого диаметра, более совершенную систему очистки первого контура, повышенную надёжность парогенераторов. Конструкция РУ минимизировала риск утечек тн за счет коротких силовых патрубков типа «труба в трубе».

Дальнейшее развитие получило воплощение в установке ОК-900А, использовавшейся на ледоколах типа «Арктика» (первый введён в 1975 году). Многолетняя эксплуатация подтвердила высокую надёжность схемы СОиР: система поддерживала водно-химический режим в заданных пределах на протяжении всей кампании реактора, а замена ионообменных смол требовалась не чаще одного раза в 2-3 года. Ключевые особенности ОК-900А включали байпасное (по отношению к активной зоне) включение оборудования очистки.

Следующим этапом стали реакторные установки типа КЛТ-40. КЛТ-40 применялись на ледоколах типа «Таймыр», лихтеровозе-контейнеровозе «Севморпуть». Конструкция установки минимизировала риск утечек тн за счёт коротких силовых патрубков типа «труба в трубе», исключавших протяжённые трубопроводы большого диаметра.

Современный этап развития представлен реакторной установкой РИТМ-200. РИТМ-200 отличается интегральной компоновкой: парогенераторы размещены внутри корпуса реактора, что снизило массу и габариты установки. Риск течи трубопроводов большого диаметра сводится к минимуму за счёт снижения их протяжённых участков, запас воды над активной зоной дает резерв времени при авариях с течью первого контура. Система очистки и расхолаживания РИТМ-200 спроектирована с учетом опыта эксплуатации предыдущих РУ: схему с рекуперацией теплоты и функции поддержания качества тн, отвода остаточных тепловыделений, газоудаления и отбора проб.

Таким образом, СОиР совершенствовались от простых петлевых схем ОК-150 до высокоинтегрированных систем РИТМ-200 с оптимизированной компоновкой и повышенной безопасностью и надежностью реакторной установки, модернизация систем позволила повысить эффективность их работы. Накопленный опыт обеспечил преемственность решений и позволил создать РУ с характеристиками, адаптируемыми как для судовых, так и для наземных применений.

УДК 629.7.048

ФЕДОСОВА Е.Д.

СВОЙСТВА И КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА С ОТДЕЛЕНИЕМ ВЛАГИ НА ЛИНИИ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Системы кондиционирования воздуха (СКВ) с отделением влаги на линии высокого давления (ОВВД) представляют собой важный класс технических решений в авиационной отрасли, обеспечивающих требуемые параметры микроклимата в гермокабинах летательных аппаратов. СКВ с ОВВД получили широкое распространение в авиационной технике благодаря высокой эффективности осушки воздуха.

Ключевыми характеристиками СКВ с ОВВД выступают четыре взаимосвязанных параметра. Первый – способ охлаждения воздуха высокого давления. Наиболее распространённым является охлаждение в теплообменнике-конденсаторе за счёт холодного воздуха, выходящего из турбохолодильника (ТХ). Альтернативные методы включают продувку конденсатора воздухом из гермокабины либо охлаждение в основном теплообменнике в комбинированных СКВ. Второй параметр – степень осушки воздуха, которая подразделяется на полное отделение влаги (при температуре за конденсатором, близкой к 0℃) и неполное (при температуре около 20-30℃). Третий параметр – фазовое состояние влаги перед турбиной ТХ: в схемах с однократной регенерацией на вход турбины может поступать капельная влага, провоцирующая эрозию лопаток и образование снега; в схемах с двукратной регенерацией оставшаяся влага испаряется. Четвёртый параметр – тип противообледенительных средств, которые классифицируются на: средства создания незамерзающей конструкции ТХ, противообледенительные средства конденсатора и средства предотвращения обледенения воздухоотводящих каналов и агрегатов автоматики.

На основе анализа патентов (№ 3587243, 3623332, 1583143, 4334411, 4374469, 4021215, 1565981, 4198830, 4352273) выделены три основные группы схем СКВ с ОВВД. Первая группа – «петли» с однократной регенерацией (схемы Келлера, Фернандеса, Ранненберга, Жилеса, Пэйна), где охлаждение воздуха высокого давления осуществляется воздухом из ТХ в теплообменнике-конденсаторе. Преимущества данных схем – простота конструкции и низкие гидравлические потери на линии высокого давления; недостатки – необходимость дополнительного подогрева воздуха на выходе и риск обледенения при неполном отделении влаги. Вторая группа – комбинированные СКВ (схемы Розенбуша, Пьеррепонта), в которых отсутствует конденсатор, охлаждаемый воздухом из ТХ, а на крейсерских режимах на вход компрессора ТХ подаётся кабинный воздух. Преимущества – экономия отбора воздуха от двигателя (до 50 % за счёт рециркуляции) и эффективная вентиляция гермокабины; недостаток – необходимость использования влагоотделителя низкого давления наряду с влагоотделителем высокого давления. Третья группа – «петли» с двукратной регенерацией (схемы Кэмпбелла, Кинселла), включающие дополнительный теплообменник-регенератор для нагрева воздуха после влагоотделителя высокого давления и испарения оставшейся капельной влаги. Преимущества – подача сухого воздуха на турбину, отсутствие обледенения, повышение надёжности; недостаток – более высокие гидравлические потери на линии высокого давления.

Сравнительный анализ демонстрирует преимущества ОВВД перед отделением влаги на линии низкого давления: более высокая степень осушки воздуха перед ТХ, возможность работы с отрицательными температурами на выходе при влажном воздухе, компактность теплообменников. Наибольшую эффективность показывают «петли» с двукратной регенерацией: они минимизируют риски обледенения и эрозии компонентов, обеспечивая максимальную надёжность.

УДК 629.5.036

ШИШОВ Е.С.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ВЕРИФИКАЦИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ВОДОМЕТНОГО НАСОСА AXWJ-2

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Актуальность широкого применения осевых водометных насосов обусловливает необходимость использования точных численных методов, позволяющих минимизировать затраты на дорогие модельные испытания. В работе осуществляется верификация расчетной модели насоса Axwj-2 – международного тестового случая для проверки CFD-кодов и оценки расхождения численного моделирования с экспериментом в гидродинамике [1].

Моделирование проводится в стационарном RANS-подходе с применением модели турбулентности k–ω SST для одного сегмента межлопаточного канала рабочего колеса и спрямляющего аппарата. На данном этапе исследования геометрия была упрощена: радиальный зазор между лопастями импеллера и корпусом насоса не учитывался, перетекания в данной зоне не моделировались. Расчетная сетка – полиэдрическая по поверхности и гексагональная в ядре потока, с пристеночными ячейками обеспечивающие параметр $y^+ = 60$, для использования пристеночных функций. Взаимодействие рабочего колеса и спрямляющего аппарата моделируется через интерфейс Mixing-plane. На входе в расчетную область задается массовый расход воды, а на выходе атмосферное давление.

В ходе расчетов была получена расчетная напорная характеристика (рис. 1, *а*). Сопоставление с экспериментальными данными [2] показало, что даже при использовании грубой сетки и допущении об отсутствии радиального зазора, максимальное расхождение по напору *H* не превышает 3,5%.

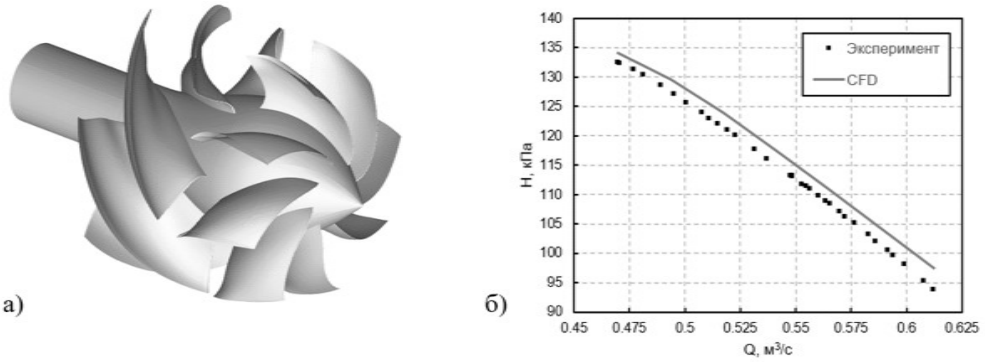


Рис. 1. Внешний вид лопастной системы (*а*) и сопоставление напорных характеристик (*б*).

Полученная модель – основа для дальнейшего исследования по повышению точности численного эксперимента. К моменту представления основного доклада будет проведено исследование влияния радиального зазора на интегральные характеристики насоса, а также представлен детальный анализ потребляемой мощности и КПД.

Библиографический список

1. Designofthe ONR AxWJ-2 AxialFlowWaterJetPump [Электронный ресурс] // Режим доступа: https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/ADA489739.pdf (дата обращения: 16.04.2026).
2. Summary of Two Independent Performance Measurements of the ONR Axial Waterjet 2 (AxWJ-2) [Электронныйресурс] // Режимдоступа: https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/ADA540499.pdf (дата-обращения: 16.04.2026).

УДК 629.12

ШУБИН А.А., ЗЕЛЕНОВ С.Н., КЛОЧКОВ И.М., МИНАЕВ В.С.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДОТОПЛИВНЫХ ЭМУЛЬСИЙ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК (СЭУ)

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В условиях постоянного роста цен на нефтепродукты и ужесточения требований к экологической безопасности многие организации рассматривают водотопливную эмульсию (ВТЭ) в качестве эффективной альтернативы традиционному топливу СЭУ [1]. ВТЭ представляет собой технологически подготовленную смесь топлива и воды, где вода равномерно распределена в топливной фазе в виде мелких капель. Ключевыми параметрами стабильной эмульсии являются размер капель, устойчивость во времени и наличие подходящего эмульгатора, особенно для дистиллятных топлив (MGO, MDO), которые хуже удерживают воду. Таким образом, ВТЭ — это не случайная смесь, а система с заданными эксплуатационными характеристиками, обеспечивающая прокачиваемость и предсказуемость свойств при хранении [1].

Основной эффект от применения ВТЭ заключается в снижении температуры горения и замедлении образования оксидов азота (NOx). Практические исследования показывают, что использование водотопливной эмульсии позволяет снизить NOx до 50%, при этом ориентировочно на каждый 1% добавленной воды приходится около 1% снижения выбросов NOx [2]. Дополнительным положительным фактором является эффект микровзрывов капель воды при испарении, который улучшает распыл, перемешивание и сгорание топлива, что ведёт к уменьшению выбросов твёрдых частиц (ТЧ) и дыма [2].

Экспериментальные результаты, полученные на двигателе MAN B&W 4T50ME-X, подтверждают практическую применимость технологии: при увеличении доли воды удельные выбросы NOx снижались до 60% (при 50% нагрузке), при этом работа двигателя оставалась стабильной. Отмечается, что эмульсия требует настройки под конкретный режим, так как наряду со снижением NOx, CO и сажи при некоторых режимах возможно незначительное увеличение CH [3].

На конгрессе SIMAC-2000 было отмечено, что ВТЭ является альтернативным топливом для дизелей и котельных установок. Особый интерес к эмульсиям в морском двигателестроении возник с ужесточением экологических требований IMO к выбросам NOx, SOx и ТЧ, что превратило технологию сжигания ВТЭ из экспериментального подхода в реальный инженерный инструмент [4].

Перспективность технологии заключается в её способности выступать как самостоятельное решение, так и использоваться в сочетании с другими методами (например, рециркуляцией отработавших газов), что делает водотопливную эмульсию частью перспективных альтернативных решений в судоходстве [5].

Внедрение ВТЭ позволяет повысить экономичность СЭУ на минимальных частотах вращения, обеспечивает снижение расхода смазочных материалов (интенсивность угара масла снижается в 1,7…2,0 раза) и продлевает ресурс выпускных клапанов.

Физическая основа эффективности ВТЭ — микровзрывы капель. При нагреве до температуры кипения воды возникает паровой пузырёк; при превышении давлением насыщенных паров сил поверхностного натяжения происходит взрывной разрыв с вторичным дроблением капель. Диссоциация паров воды создаёт активные центры горения (OH, H), ускоряющие окисление углеводородов. При 30% воды масса сажи падает с 93 до 30 мг/г топлива (в 3 раза). Снижение NOx достигается за счёт уменьшения максимальной температуры сгорания на 20…40°C. Оптимум угара масла наблюдался при 15…18% водосодержании. Моделирование для дизеля 6ЧНСП 18/22-630 показало: повторное впрыскивание снижается с

5,7% до 1%, продолжительность впрыскивания возрастает на 22%, критерий устойчивости X входит в диапазон устойчивой работы на режиме минимальной подачи [6].

Библиографический список

1. https://lib.togudv.ru/downloads/TextExt/uchposob/Gorelik4.pdf
2.https://www.susu.ru/sites/default/files/dissertation/dissertaciya_omelchenko_e.a.pdf
3.https://cyberleninka.ru/article/n/snizhenie-kontsentratsii-oksidov-azota-v-otrabotavshih-gazah-sudovyh-dizeley-pri-ispolzovanii-vodotoplivnyh-emulsiy
4. https://studfile.net/preview/9954297/page:30/
5.https://kpfu.ru/staff_files/F_1302247063/Rokhas_Rodriges_I.M._Uchebno_metodicheskoe_posobie__Emulsiya_27.06_2.pdf
6. Горелик, Г. Б. Водотопливная эмульсия - альтернативное топливо XXI века: монография / Г. Б. Горелик. - Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2019. - 202 с.

Подсекция 5.3

Прочность, надежность и ресурс конструкции

УДК 629.12:539.4

ВОЛЬНОВ И.О., ЖУКОВ А.Е.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА ХАРАКТЕРИСТИК ЭКВИВАЛЕНТНОГО БРУСА ПРИ ПРОВЕРКЕ ОБЩЕЙ ПРОЧНОСТИ КОРПУСОВ СУДОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Проверка общей прочности корпусов судов является актуальной задачей судостроения [1]. Напряжения от общего изгиба, как правило, определяются на основе элементарной теории изгиба балок: выполняется расчет так называемого эквивалентного бруса (ЭБ) – условной балки, состоящей из продольных связей корпуса, удовлетворяющих условиям достаточной протяженности, целостности, конструктивной связности и однородности сечения корпуса по материалу. Находятся геометрические характеристики ЭБ: площадь, статические моменты, положение центра тяжести сечения (нейтральной оси), собственный осевой момент инерции, которые затем используются при вычислении нормальных и касательных напряжений.

Геометрические характеристики, как правило, вычисляются табличным способом [2, 3], применение которого в настоящее время, хотя и значительно облегчается применением современных программно-вычислительных средств (электронных таблиц), остается достаточно трудоемким при большом количестве связей, входящих в состав ЭБ.

В то же время все современные системы САПР, используемые при проектировании (например, КОМПАС 3D, AutoCAD, T-FLEXCAD и другие программы), способны «автоматически» вычислять характеристики сечений на основе построенной геометрии.

Расчет ЭБ, в соответствии с требованиями РКО [1], проводится методом последовательных приближений, когда в первом приближении все связи считаются жесткими, а в последующих учитывается возможная потеря устойчивости гибких связей (пластин обшивки и настилов) методом редукционных коэффициентов. И именно необходимость редуцирования гибких связей затрудняет «автоматический» расчет ЭБ во втором и последующих приближениях.

В рамках данного исследования разработана методика учёта влияния редуцирования гибких связей с использованием возможностей программ САПР. Для редуцирования пластины необходимо ее уменьшить при помощи геометрической операции масштабирования. Требуется найти коэффициент $m < 1$, который указывается в параметрах операции «масштабирование». Пластина в поперечном сечении эквивалентного бруса представляет собой прямоугольник с некоторыми заданными сторонами. Редукционные коэффициенты вычисляются или назначаются в соответствии с требованиями [1].

Для продольных пластин коэффициент масштабирования зависит только от редукционного коэффициента φ, а для поперечных пластин – от редукционного коэффициента и отношения сторон пластины, при этом m, строго говоря, нелинейно зависит от редукционного коэффициента и хорошо описывается полиномами 3-й и 2-й степени, но отклонения от прямой линии для продольных пластин на отрезке $0 \le \varphi \le 1$ (диапазон значений редукционного коэффициента) невелики, и можно аппроксимировать функцию простой линейной зависимостью вида $m = a_1\varphi + a_2$, где a_1 и a_2 – коэффициенты аппроксимации. Расхождение с табличным методом при этом не превышало 1%.

Метод является простым, наглядным и позволяет быстро находить новые характеристики ЭБ при внесении изменений в конструкцию корпуса.

Библиографический список

1. Правила классификации и постройки судов (ПКПС) [Электронный ресурс] / Федеральное автономное учреждение «Российское Классификационное Общество». — Издание с изменениями и дополнениями. — Москва: РКО, 2019. — URL: https://rfclass.ru/uploads/pkps/pkps_rko_vvedeny_v_dejstvie_s_16-11-2025.pdf.
2. Прочность судов внутреннего плавания. Учебный справочник по прочности судов внутреннего плавания: справочник / В. В. Давыдов, Н. В. Маттес, И. Н. Сиверцев, И. И. Трянин. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Транспорт, 1978. — 520 с.
3. Волков, В. М. Прочность корабля : учебник / В. М. Волков. — Нижний Новгород, 1994. — 260 с. . — ISBN 230-02982-X.

УДК 621.039

ГОЛУБЕВ С.Р., СОБОРНОВ А.Е., МАЦИН Н.В., СТОРОЖУН К.А., БЫСТРОВ Н.С., ЛАТУХОВА К.А.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЕПАРАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦИКЛОННОГО МАГНИТОГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ФИЛЬТРА ПРИ ОЧИСТКЕ ОДНОФАЗНОГО ПОТОКА ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Поддержание высокой чистоты теплоносителя первого контура ядерных энергетических установок от ферромагнитных дисперсных фаз является необходимым условием их безаварийной и безопасной работы. Источником данных примесей служат коррозионные процессы в конструкционных материалах арматуры и трубопроводов, а основную массу загрязнений составляют оксиды железа – магнетит Fe_3O_4 и гематит α-Fe_2O_3, образующие полидисперсную систему с размерами частиц от 10 до 100 мкм. Циркулируя по контуру, эти дисперсные фазы провоцируют микроабразивное изнашивание высокооборотного оборудования, что выражается в сокращении межремонтных периодов и повышении эксплуатационных затрат.

В научно-исследовательской лаборатории «Парогенерирующие системы» разработан магнитогидродинамический фильтр [1]. С целью одновременного расширения рабочего диапазона параметров и улучшения эксплуатационных характеристик устройства выполнена модернизация его конструкции, включающая два ключевых изменения.

Замена магнитной системы: вместо магнитов НмБ 250/160 установлен кольцевой элемент из высококоэрцитивного сплава N42SH. Модернизация обеспечила повышение термической стабильности (до 120°C) и оптимизацию пространственной конфигурации магнитного поля.

Увеличение диаметра входного патрубка фильтра до стандартного промышленного значения Ду 40. Это изменение вызвано требованием совместимости с промышленными трубопроводами и необходимостью корректной экстраполяции экспериментальных данных на натурные условия.

Экспериментальная часть работы реализована на модернизированном стенде ФТ-МГД-4. Роль дисперсной фазы выполнял ферромагнитный порошок ПЖВ 2.160.26 при концентрации в контуре, отвечающей предельно допустимым значениям для насосного оборудования атомных станций.

Варьируемыми параметрами в опытах выступали расход теплоносителя (8,17 и 10,61 м³/ч) и число циклов фильтрации (500, 700, 1000, 2000 проходов). Каждый режим дублировался тремя параллельными опытами. По завершении каждого опыта производился демонтаж магнитной системы с последующей промывкой поверхностей деминерализованной водой и гравиметрическим определением массы задержанных частиц.

---

1. Дмитриев С.М., Треушников М.В., Соборнов А.Е., Рязапов Р.Р., Котин А.В., Мамаев А.В. Патент на полезную модель № 197879 U1 Российская Федерация, МПК B01D 35/06, B03C 1/02. Магнито-гидродинамический фильтр: № 2020109882 :заявл. 06.03.2020 : опубл. 03.06.2020; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ).

УДК 539.3

РЯБОВ Н.А., МЫЛЬНИКОВ В.В.

ОБ ИЗМЕНЕНИЯХ В ИСТИННЫХ НАПРЯЖЕНИЯХ ВЫСОКОПРОЧНОЙ СТАЛИ В РАЗЛИЧНОМ ТЕРМОУПРОЧНЕННОМ СОСТОЯНИИ В УСЛОВИЯХ ОДНООСНОЙ ДЕФОРМАЦИИ

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет

В аппарато- и машиностроении широко применяются высокопрочные стали [1-2] для конструирования ответственных узлов, что представляет особую актуальность изучения механики деформируемого твердого тела в связи с колоссальным ростом скоростей и нагрузок в современных условиях технологического прогресса. В представленной работе исследовали образцы из особовысококачественной высокопрочной стали Н18К9М5Т шести партий в различном термоупрочненном состоянии.

Расчет приложенных напряжений проводили по формуле:

$$\sigma = \frac{P}{F_0}, \qquad (1)$$

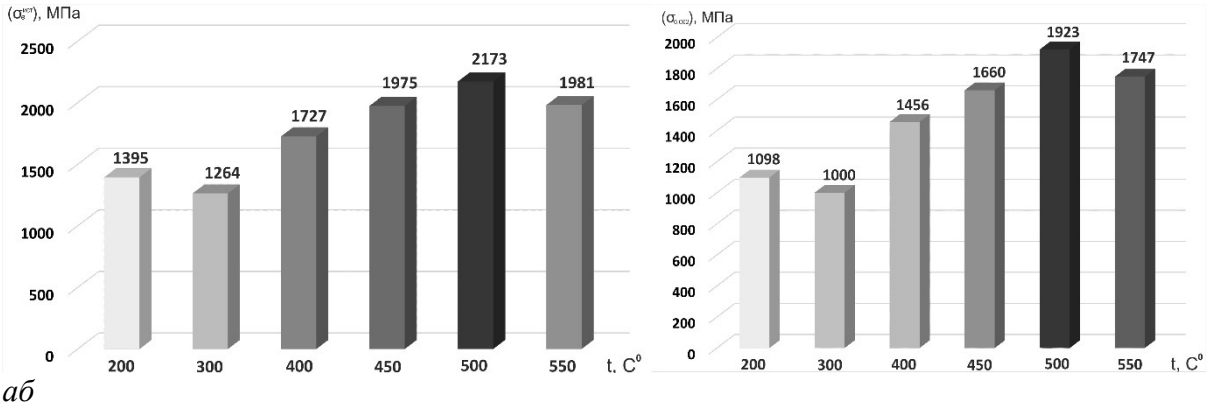
где P – нагрузка, F_0 – начальная площадь поперечного сечения образца.

Переход к истинным значениям осуществляли по формулам:

$$\sigma^{\text{ист}} = \sigma(1 + \varepsilon) \qquad (2)$$

$$\varepsilon^{\text{ист}} = \ln(1 + \varepsilon) \qquad (3)$$

На рис. 1 показаны экспериментальные и расчетные данные прочностных параметров в виде численных значений изображенных, для простоты анализа, в виде следующих гистограмм:



аб

Рис. 1. Изменение значений напряжений в различном термоупрочненном состоянии стали:
а – истинный предел прочности; *б* – предел упругости

Анализ результатов полученных параметров показал, что максимальные прочностные характеристики ($\sigma_в^{ист}$; $\sigma_{0,002}$) показали образцы после термоупрочнения по режиму закалки и старения 500°С.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-29-20164, https://rscf.ru/project/25-29-20164/

Библиографический список

1. Новые высокопрочные конструкционные и коррозионностойкие стали для аэрокосмической техники разработки ФГУП "ВИАМ" (обзор) / Е. Н. Каблов, М. М. Бакрадзе, В. И. Громов [и др.] // Авиационные материалы и технологии. – 2020. – № 1(58). – С. 3-11. – DOI 10.18577/2071-9140-2020-0-1-3-11. – EDNSWUFHD.
2. **Shetulov D. I.** Fatigue-induced damage of high-strength steels / D. I. Shetulov, V. V. Myl'nikov // Russian Metallurgy (Metally). – 2014. – Vol. 2014, No. 3. – P. 241-245. – DOI 10.1134/S0036029514030148. – EDN UGPRKV.

УДК 621.039

СТОРОЖУН К.А., СОБОРНОВ А.Е., МАЦИН Н.В., ГОЛУБЕВ С.Р., БЫСТРОВ Н.С., ЛАТУХОВА К.А.

ПОИСК ОПТИМАЛЬНОЙ КОНФИГУРАЦИИ ВЫХОДНОЙ ЧАСТИ ЦИКЛОННОГО ФИЛЬТРА ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ СТАБИЛИЗИРОВАННОГО РЕЖИМА ТЕЧЕНИЯ.

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Строгое соблюдение водо-химического режима в контурах атомных электростанций является обязательным условием для предотвращения коррозионного износа оборудования, что напрямую влияет на безопасность и ресурс его эксплуатации. Наиболее критично это требование для насосов с магнитной муфтой, используемых для перекачки высокоактивных сред.

Применяемые сегодня системы очистки на основе комбинации сетчатых и картриджных фильтров, несмотря на выполнение своих функций, обладают рядом существенных недостатков: они усложняют обслуживание, ухудшают гидравлические характеристики контура и требуют значительных начальных вложений. Это обуславливает необходимость поиска более совершенных технических решений.

Для преодоления перечисленных проблем в научно-исследовательской лаборатории «Парогенерирующие системы» был разработан опытный образец магнитогидродинамического фильтра [1]. Экспериментальные испытания подтвердили как работоспособность предложенной конструкции, так и корректность используемой математической модели. Полученные данные послужили основой для дальнейшей оптимизации разработки по двум направлениям:

- повышение верхнего предела рабочих температур магнитной системы;
- оптимизация выходного сечения фильтра для стабилизации потока.

Для решения последней задачи применили метод математического моделирования. Было исследовано семь альтернативных конструкций выпрямителей одинаковой длины. Выбор оптимальной конфигурации проводился на основе многокритериального анализа, включающего минимизацию неравномерности потока, допустимое гидравлическое сопротивление, технологическую простоту и стоимость изготовления.

Моделирование гидродинамических процессов выполнялось в рамках RANS-подхода с использованием модели напряжений Рейнольдса RSM BSL (ReynoldsstressmodelBaseline). Данная модель выбрана благодаря её способности более точно описывать течения с сильной

анизотропией турбулентности, сложными криволинейными траекториями и значительными градиентами давления.

Наилучшие результаты по заданным критериям показал вариант выпрямителя с четырьмя рёбрами высотой 9 мм. Он обеспечил максимальное гашение вихрей при минимальном перепаде давления на выходном участке до момента стабилизации потока - 12,79 кПа.

Следовательно, оптимальная конфигурация сочетает высокую эффективность выпрямления с низкими энергетическими затратами на преодоление сопротивления, что подтверждает её практическую целесообразность.

---

1 Дмитриев С.М., Треушников М.В., Соборнов А.Е., Рязапов Р.Р., Котин А.В., Мамаев А.В. Патент на полезную модель № 197879 U1 Российская Федерация, МПК B01D 35/06, B03C 1/02. Магнито-гидродинамический фильтр: № 2020109882 :заявл. 06.03.2020 : опубл. 03.06.2020; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ).

СЕКЦИЯ 6

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ, МЕТАЛЛУРГИЯ И ЗАГОТОВИТЕЛЬНЫЕ ПРОИЗВОДСТВА МАШИНОСТРОЕНИЯ

Подсекция 6.1

Материаловедение

УДК 621.78

БАКИРОВ Д.Д., РЯБОВ Д.А., ХЛЫБОВ А.А.

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА МИКРОСТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ЗАГОТОВКИ ИЗ СТАЛИ 12Х18Н10Т, ПОЛУЧЕННОЙ МЕТОДОМ ГОРЯЧЕГО ИЗОСТАТИЧЕСКОГО ПРЕССОВАНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Современное машиностроение требует широкого применения хромоникелевых сталей аустенитного класса. Стали данного класса обладают рядом уникальных свойств [2].

Одним из способов получения заготовок из аустенитных сталей с повышенными механическими свойствами (что обычно объясняется меньшим размером зерна и изотропной структурой [3]) является технология горячего изостатического прессования (ГИП).

Тем не менее, существует проблема, связанная с влиянием неоднородного распределения параметров ГИП (температуры и давления) по сечению заготовки в процессе её изготовления, в результате чего микроструктура и свойства заготовки изменяются от периферии к центру.

Одним из способов получения высокой структурной однородности по сечению заготовки после ГИП является термическая обработка (ТО) [4].

Таким образом, целью данной работы является исследование влияния ТО на свойства и микроструктуру ГИП-заготовки из аустенитной стали 12Х18Н10Т.

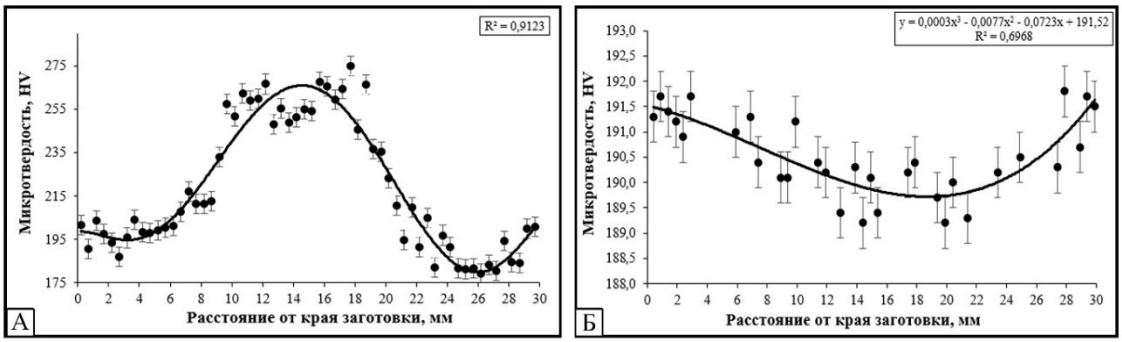


Рис. 1. График изменения микротвердости по сечению образца до и после ТО

Распределение значений микротвердости в заготовке из стали 12Х18Н10Т, полученной методом ГИП, характеризуется существенной неоднородностью (рис. 5а). Значения микро-

твердости увеличиваются от периферийных областей к центральному участку заготовки, причем величина микротвердости центра примерно в полтора раза превышает показатели на краю заготовки. Полученное среднее значение микротвердости стали 12Х18Н10Т после ГИП – 218 HV. В процессе ТО происходит структурная перекристаллизация и снятие остаточных напряжений после ГИП. В результате наблюдается снижение значений микротвердости и их выравнивание по сечению заготовки. Среднее значение микротвердости материала ГИП-заготовки после ТО – 190 HV.

В ходе работы было выявлено, что при проведении ТО (закалки и старения) заготовки после ГИП происходит процесс полной перекристаллизации сплава, результатом которого является снижение объемной доли пор и значительное повышение однородности микроструктуры и физико-механических свойств по сечению заготовки.

Библиографический список

1. Сагарадзе В.В., Уваров А.И. *Упрочнение и свойства аустенитных сталей: монография*. Екатеринбург, РИО УрО РАН, 2013,720с.
2. Y.C. Jeon, K.T. Kim. Near-net-shape forming of 316L stainless steel powder under hot isostatic pressing.*International Journal of Mechanical Sciences,* 1999, – V. 41, Is. 7,pp. 815-830. DOI: 10.1016/S0020-7403(98)00053-8.
3. Rajan T.V., Sharma C.P., and Ashok Sharma. *Heat treatment: Principles and Techniques. 3rd ed*. Delhi, PHI Learning Private Limited, 2023, 357 pp.

УДК 620.22

БАРЫШНИКОВ Т.Л., МЕДОВ В.А., ГРАЧЕВ П.П., ДОКИН Е.С., ЕМЕЛЬЯНОВ А.В., КОРОЛЕВ А.Д., КОНСТАНТИНОВ Д.С., ШАНИН И.А., КОВШОВ Е.Д., ВОРОТЫНЦЕВ А.В.

РАЗРАБОТКА NEG (НЕИСПАРЯЕМОГО ГЕТТЕРНОГО СПЛАВА) ДЛЯ ОЧИСТКИ Ar ОТ РЯДА КРИТИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ (H_2, O_2, CO_2) И ПУТИ ЕГО ВОЗМОЖНОЙ МОДИФИКАЦИИ

Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

Высокочистый Ar широко применяется в микроэлектронике, в том числе при производстве чипов. Исследования в области очистки инертных газов неиспаряемыми геттерными сплавами (NEG) необходимы для развития ключевых отраслей экономики и ВПК за счет микроэлектронной промышленности. Необходимо также отметить, что сплав St-707 (70% Zr, 24,6% V, 5,4% Fe) вызывает большой интерес не только у российских [1], но и у зарубежных [2] ученых: замечен рост числа публикаций по данной тематике, что свидетельствует о перспективности данных материалов и проведенного исследования в целом.

Целью работы является разработка эффективного хемосорбционного очистителя (геттера), предназначенного для удаления критических примесей и загрязнений из газообразного Ar.

Zr-V-Fe сплав был получен в индукционной печи; методом ИПЛ были получены его наночастицы, исследованные методами РФА и СЭМ, определен их размер (40 нм). Проведенный порометрический анализ дополнительно подтвердил развитую поверхность полученных образцов, определена удельная поверхность (93,2м^2/г).

Методом температурно-контролируемой десорбции были получены кривые, характеризующие зависимости поглощения смесей состава 5% H_2/Ar, 5% O_2/Ar, 5% CO_2/Arот температуры (в интервале 0-1000°C). По виду кривых были установлены физико-химические процессы, происходящие на поверхности геттерного сплава, а также рассмотрены возможные по-

бочные реакции; дополнительно были определены оптимальные температуры работы геттера. На основе изложенного ранее проведены расчеты (табл. 1) сорбционной емкости по H_2, O_2 и CO_2.

Дополнительно в работе подчеркивается возможность повышения сорбционных характеристик геттера путем его легирования РЗЭ, в частности иттрием. Y связывает остаточный после обработки сплава кислород, который негативно влияет на сорбционные свойства геттера из-за взаимодействия с Zr.

Таблица 1

Результаты сорбционной емкости геттерного сплава по отдельным примесям

Примесь	H_2	O_2	CO_2
Количество, моль/г	0,0252	0,012	0,0231

Библиографический список

1. А.С. Набоко, В.И. Полозов, А.П. Шматков. Синтез и исследование тонкопленочного нераспыляемого геттерного покрытия Ti-Zr-V с низкой температурой активации для микроэлектронных устройств// Современная электродинамика, 2025. Т.4, №6(20), с 19-25.
2. Xiaotong Xu, Yihan Shen, Zijie Jiao. Improving absorption and microstructure of Zr-V-Fe-Co alloys by substitution of Y element for Fe// J. of Mat. Engineering and performance, 2025. V.34, p. 27849-27859.

УДК 678.742.3 : 620.22-022.53

БАШКОВ А.А., РОМАНОВ А.Д., ИВАНОВ С.В., БАШКОВА А.А., ЧИЧЕВАТОВ А.В.

ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИПРОПИЛЕНА ПРИ СЖАТИИ

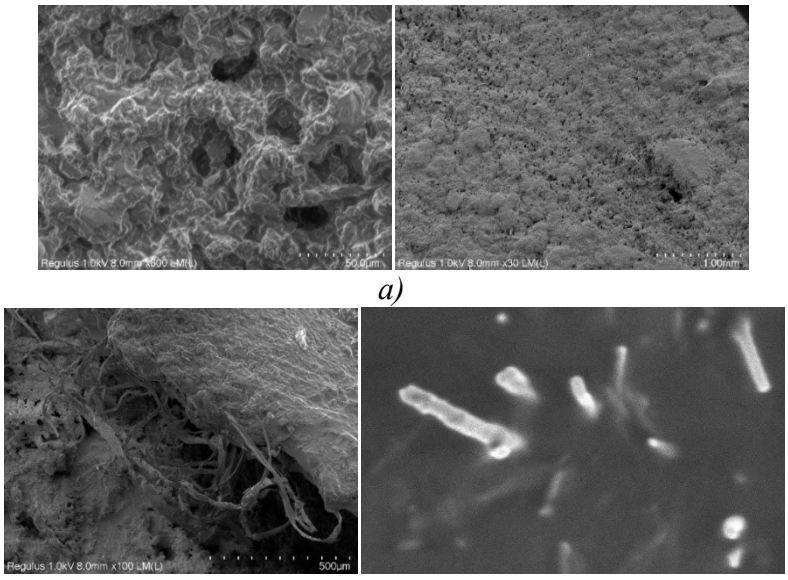
Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Создание легких и высокопрочных полимерных композиционных материалов является актуальной задачей для современных отраслей техники. Традиционно снижение плотности достигается введением полых микросфер, однако это часто приводит к снижению модуля упругости и прочности. Альтернативным подходом является использование наноразмерных наполнителей, в частности углеродных нанотрубок (УНТ), которые обеспечивают значительное упрочнение матрицы. Известно, что введение одного и того же нанонаполнителя приводит к разному уровню усиления в зависимости от типа матрицы (стеклообразная или эластомерная). Это объясняется формированием кольцеобразных структур УНТ и объемом межфазных областей.

В данной работе в качестве полимерной матрицы использовался полипропилен. В качестве наполнителя применялись многослойные углеродные нанотрубки (МУНТ) со следующими характеристиками: диаметр 10-40 нм, длина 1-5 мкм. Для улучшения адгезии матрица-наполнитель проводилась функционализация УНТ (использование ПАВ). Полученные образцы представлены на рис. 1.

Рис. 1. Цилиндрические образцы: *d*=14 мм, *h*=30 мм

Исследование микроструктуры проводилось методами электронной микроскопии (Hitachi Regulus-8100 FE-SEM). На рис. 2 представлены исходные изображения микроструктур исследуемых пластиков. Образец №1 (рис.2, *а*) не содержит в своей структуре УНТ. В образце №2 (рис. 2, *б*) наблюдается неравномерное распределение УНТ в объеме – 30%.



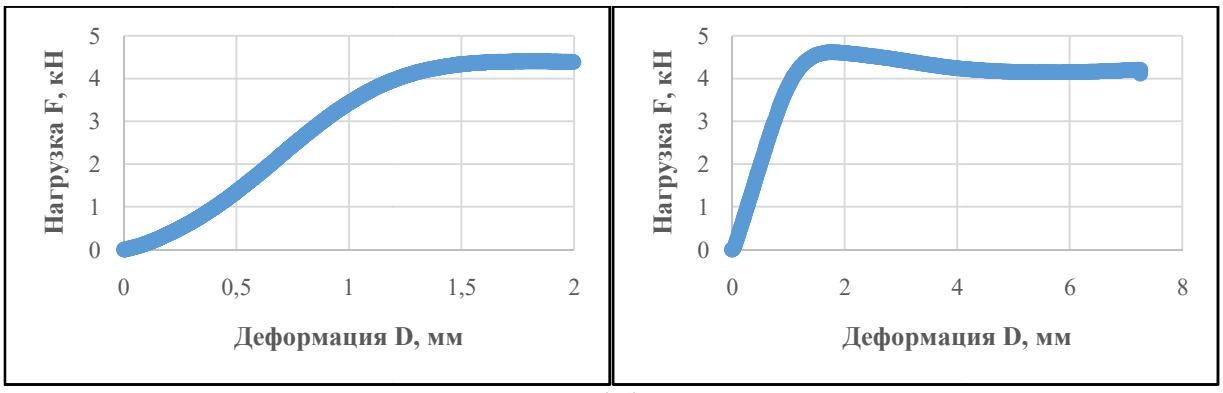
а)

б)

Рис. 2. Микроструктура исследуемых образцов: *а* - образец №1; б - образец №2

Механические испытания на сжатие проводились на универсальной испытательной машине РЭМ-100-А-1-1 согласно стандарту ГОСТ 4651-2014. Образцы цилиндрической формы испытывали при скорости перемещения траверсы 10 мм/мин и температуре 23±2 °С до разрушения. Фиксировалась зависимость нагрузки от деформации. Модуль упругости при сжатии определяли по начальному линейному участку диаграммы «нагрузка–деформация» в интервале относительных деформаций 0,05–0,25% методом линейной регрессии (коэффициент детерминации $R^2 \geq 0{,}99$).

Результаты механических испытаний исследуемых образцов представлены на рис.3 и в табл.1.



а)б)

Рис. 3. Диаграмма «нагрузка–деформация»: *а* - образец №1; *б* - образец №2

Таблица 1

Результаты механических испытаний

№ образца	Содержание УНТ, %	Условный предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа	Предел прочности, МПа	Модуль упругости, Н/мм^2	Относительная деформация, %
1	0	25	28,602(4403 Н)	642,4	7,681
2	30	24	29,986(4616 Н)	822,3	24,187

На основании проведенных исследований микроструктуры и механических свойств полимерных нанокомпозитов на основе полипропилена, модифицированного МУНТ, можно сформулировать следующие выводы.

Установлено, что введение углеродных нанотрубок приводит к существенному повышению жесткости материала. Модуль упругости при сжатии увеличился на 28% по сравнению с чистой полимерной матрицей. Это подтверждает эффективность МУНТ как высокомодульного армирующего наполнителя, способного воспринимать значительную часть механической нагрузки. Наблюдается умеренный рост условного предела текучести (на 4,8%), что свидетельствует о формировании развитой межфазной области и удовлетворительной адгезии между функционализированными нанотрубками и полимерной матрицей. Зафиксировано значительное увеличение относительной деформации до разрушения (более чем в три раза), что может быть обусловлено изменением степени кристалличности полипропилена под воздействием нанонаполнителя, выполняющего роль центров кристаллизации. Дальнейшее повышение физико-механических свойств композита может быть достигнуто при условии достижения более высокой степени диспергирования наполнителя в объеме матрицы, например, путем оптимизации параметров функционализации или режимов смешения.

Разработанная технология позволяет получать облегченные композиционные материалы с улучшенным комплексом эксплуатационных характеристик, пригодные для применения в узлах техники, работающих в условиях статического сжатия.

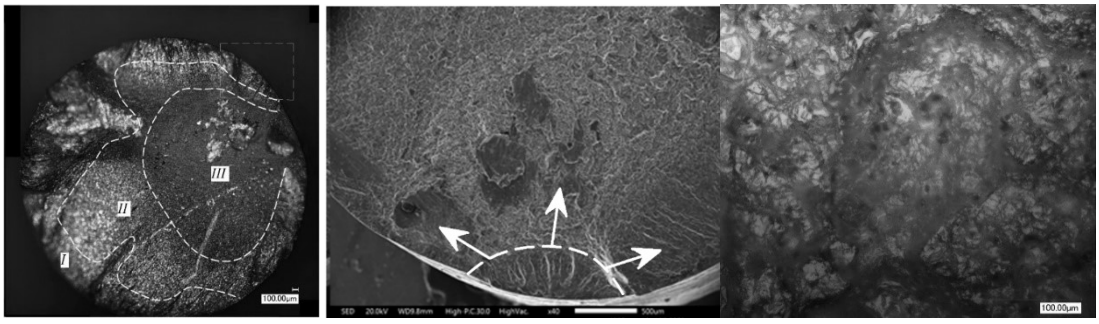
УДК 620.18

ГУЛИН И.А., МЫЛЬНИКОВ В.В.

ФРАКТОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗРУШЕНИЯ ДИСПЕРСНО-УПРОЧНЕННОГО АЛЮМОМАТРИЧНОГО КОМПОЗИТА ПОСЛЕ ЦИКЛИЧЕСКОГО ЗНАКОПЕРЕМЕННОГО НАГРУЖЕНИЯ

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет

Дисперсно-упрочненные алюмоматричные композиционные материалы представляют комбинацию пластичной матрицы, внутри которой располагаются твердые частицы нитридов, оксидов, карбидов. В данной работе композиционный материал синтезировали методом жидкофазного окисления алюминия [1]. Циклическое знакопеременное нагружение материала проводили по схеме консольного изгиба вращающегося цилиндрического образца [2]. Фрактографический анализ производили с использованием методики [3] с применением следующих микроскопов: оптического CRAFTEST CL-720e и растрового электронного JEOL JSM-IT300LV.



а) *б)* *с)*

Рис.1. Фрактография усталостного разрушения:
а,с – оптический микроскоп; *б* – электронный микроскоп

По результатам проведенных исследований установлено, что зарождение трещины происходит всегда с поверхности образцов, а её распространение проходит в три последовательные стадии с характерными зонами с различной морфологией рельефа и площадью излома. Выявлено, что морфологические изменения рельефа поверхности разрушения последовательно уменьшаются в порядке прохождения стадийности разрушения: шероховатость зоны I > зоны II > зоны III.

Исследование выполнено в рамках конкурса грантов «Фундамент Будущего», который проводится в целях реализации программы развития ННГАСУ, согласно программе академического лидерства «Приоритет 2030», в аспекте развития научно-исследовательской политики университета.

Библиографический список

1. Investigation of Thermophysical Processes of Obtaining Various Aluminum Matrix Composites / V. V. Myl'nikov, A. I. Pronin, M. V. Myl'nikova [et al.] // Technical Physics. – 2024. – Vol. 69, No. 5. – P. 1296-1303. – DOI 10.1134/S1063784224040273. – EDN GDICPL.
2. Fatigue Resistance of Dispersion-Hardened Aluminum Alloy / V. V. Mylnikov, E. A. Zakharychev, A. I. Pronin [et al.] // Metal Science and Heat Treatment. – 2024. – Vol. 66, No. 1-2. – P. 25-31. – DOI 10.1007/s11041-024-01013-5. – EDN GEWSAG.
3. Myl'nikov, V. V. Methods for Studying the Fracture Surface of Materials Using Modern Microscopy and Digital Image Processing / V. V. Myl'nikov, E. A. Dmitriev // Inorganic Materials: Applied Research. – 2024. – Vol. 15, No. 1. – P. 8-16. – DOI 10.1134/S2075113324010192. – EDN ACVKPG.

УДК 621.386.12: 539.563

ИКСАНОВ Р.Р., ХЛЫБОВ А.А., РЯБОВ Д.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ ОБРАЗЦОВ ИЗ СТАЛИ 12Х18Н10Т, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ПЛАВЛЕНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Известно, что свойства изделий, полученных методами аддитивных технологий, отличны от тех, что, изготовлены традиционными методами, данный факт является одной из главных проблем при внедрении АТ в производственные процессы [1].

Существенным недостатком хромоникелевых аустенитных сталей является их склонность к коррозионному растрескиванию под напряжением (КРН), которому способствуют совместное воздействие ионов хлора и действующих растягивающих напряжений [2].

Цель настоящей работы – исследование коррозионной стойкости аддитивно полученных образцов из аустенитной стали 12Х18Н10Т и оценка деградации структуры и физико-механических характеристик с применением методов неразрушающего контроля.

Значения акустического параметра D_C повышается с увеличением времени экспозиции, при этом скорость акустических волн увеличивается. Такое поведение параметров упругих волн связано, на наш взгляд, со снижением остаточных напряжений в образцах после печати, их релаксации в местах коррозионных повреждений. Наблюдаемое повышение содержания магнитной фазы (рис. 1, *б*) в образцах с увеличением времени выдержки связано с пластическим деформированием контролируемого участка. В области коррозионных повреждений действующие напряжения превышают $\sigma_т$, что приводит к образованию мартенсита деформации, увеличение которого указывает на развитие коррозионных дефектов.

На рис. 1 представлена зависимость изменения акустического параметра *Dc* и содержания магнитной фазы в зависимости от времени выдержки при испытании.

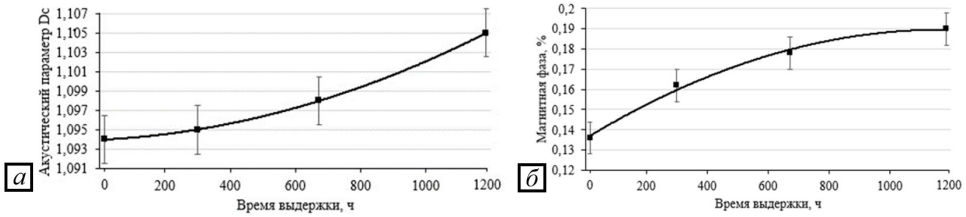


Рис. 1. Зависимость акустического параметра D_C (*а*) и содержания магнитной фазы (*б*) в зоне максимальных растягивающих напряжений от времени испытания

Библиографический список

1. Дресвянников, В. А. Классификация аддитивных технологий и анализ направлений их экономического использования / В. А. Дресвянников, Е. П. Страхов // Модели, систе-мы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2018. – № 2 (26). – С. 16–28.
2. JIN, Z. H. et al. Corrosion behaviour of 316L stainless steel and anti-corrosion materials in a high acidified chloride solution. Applied Surface Science, v. 322, p. 47–56, 2014.

УДК 621.78

КИРИЛЛОВА А.Н., РЯБОВ Д.А., ХЛЫБОВ А.А.

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА МИКРОСТРУКТУРУ И СВОЙСТВА СПЛАВА SUPERDUPLEX 25Cr, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ ГОРЯЧЕГО ИЗОСТАТИЧЕСКОГО ПРЕССОВАНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Горячее изостатическое прессование (ГИП) позволяет получать беспористые заготовки из дуплексной стали Super Duplex 25Cr, применяемой в химическом оборудовании и морских конструкциях благодаря оптимальному сочетанию аустенита и феррита (~1:1)[1]. Однако после ГИП формируется структура с пониженным содержанием ферритной фазы, требующая термической обработки (ТО). Высокое легирование феррита вызывает его нестабильность и выделение охрупчивающих фаз, особенно б-фазы [2]. Цель работы – исследовать влияние режимов ТО на микроструктуру и физико-механические свойства образцов из сплава Super Duplex 25Cr, полученных ГИП.

Графики зависимостей плотности (*а*) и твердости (*б*) от режима термической обработки показаны на рис. 1.

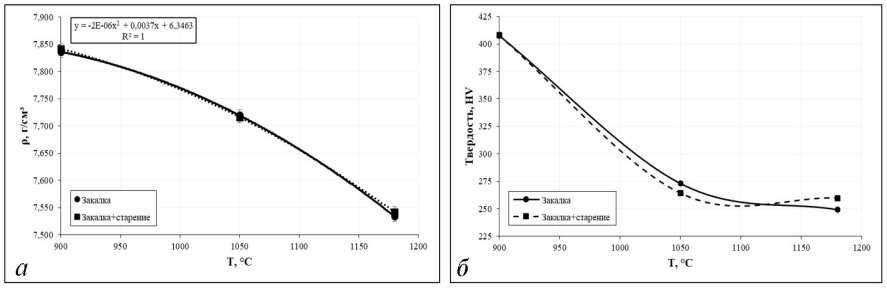


Рис. 1. Зависимость плотности (*а*) и твердости (*б*) исследуемых образцов от режима ТО

Содержание ферритной фазы измеряли ферритометром МВП-2М. Полученные результаты замеров представлены на рис. 2. По полученным скоростям упругих волн и плотности материала рассчитывали модуль нормальной упругости (E) и акустический параметр D_C.

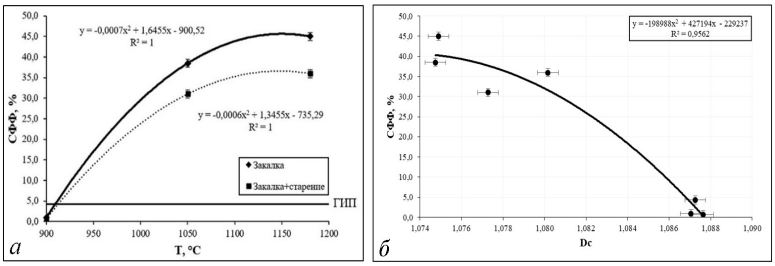


Рис. 2. Зависимость СФФ в образцах от режима ТО (*а*) и от акустического параметра D_C (*б*)

Применение для сплава Super Duplex 25Cr температуры закалки выше 1050°С ведет к росту количества и размера пор. СФФ увеличивается с ростом температуры закалки и снижается после старения вследствие распада δ-феррита. Установлена корреляция между СФФ и акустическим параметром D_C, что позволяет использовать методику для оценки структурного состояния материала и качества ТО. С ростом температуры закалки снижаются плотность, твердость и модуль Юнга, минимальные значения которых соответствуют максимальному содержанию δ-феррита и пористости.

Библиографический список

1. Хлыбов А.А., Рябов Д.А., Аносов М.С., Беляев Е.С. Исследование особенностей микроструктуры и свойств металлов, полученных путем горячего изостатического прессования // Вестник ИжГТУ имени М.Т. Калашникова. 2021. Т. 24, № 4. С. 4-10.
2. Казаков А.А., Житенев А.И., Федоров А.С., Фомина О.В.Прогнозированиеперспективныхсоставовдуплексныхкоррозионностойкихсталей // Известия высших учебных заведений. Черная Металлургия. 2020. Т. 63(3-4). С. 254-260.

УДК 669-1

КОМЕЛЬКОВ А.В., НОХРИН А.В., БОБРОВ А.А., СЫСОЕВ А.Н.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ТОНКОЙ ПРОВОЛОКИ ИЗ СПЛАВОВ Al-0.25Zr-(Si, Er, Hf, Nb) ПРИ КОМНАТНОЙ И ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

Актуальной задачей современной электротехники является разработка проводниковых алюминиевых сплавов, обладающих высокой прочностью и пластичностью, а также способностью эксплуатироваться длительное время в условиях повышенных температур без существенного снижения механических характеристик.

Перспективными материалами являются алюминиевые сплавы, где в качестве легирующих элементов (ЛЭ) выступают редкоземельные элементы и/или переходные металлы. В таких алюминиевых сплавах при нагреве происходит распад твердого раствора с выделением наночастиц второй фазы, которые обеспечивают упрочнение сплава и препятствуют движению границ зерен, повышая термическую стабильность зеренной структуры.

В настоящей работе были исследованы свойства тонких проволок из следующих сплавов (все концентрации указаны в вес.%): Al-0.25Zr-0.25Er-0.15Si-0.20Hf, Al-0.25Zr-0.15Si-

0.25Er, Al-0.25Zr-0.15Si, Al-0.25Zr-0.15Hf, Al-0.25Zr-0.25Hf, Al-0.25Zr-0.15Nb. Слитки сплавов получены литьем с индукционным нагревом и перемешиванием, затем выполнено их равноканальное-угловое прессование (РКУП), из полученных заготовок методом ротационной ковки (РК) изготовлены прутки Ø 6 мм, из которых холодным волочением получена проволока Ø 0.3 мм. Перед РКУП была выполнена термообработка слитков при 300°С в течение 100 ч. Цель термообработки – предварительное старение сплава, обеспечивающее понижение удельного электросопротивления (УЭС, ρ) и повышение прочности конечного изделия. Перед волочением была выполнена термообработка заготовок при 350°С в течение 1 ч для устранения избыточной плотности дислокаций после РК.

Для исследования термостойкости проволоки проводили испытания по ГОСТ Р МЭК 62004-2014, в соответствии с которым 1-часовые отжиги при температурах 230, 280 и 400 °С моделируют эксплуатацию в течение 400 ч при 180, 240 и 310 °С соответственно или эксплуатацию в течение 350400 ч при 150, 210 и 230 °С соответственно. В работе выполнено измерение УЭС проволоки, выполнены испытания проволоки на растяжение при комнатной и повышенных (100, 200, 300 °С) температурах, определены пределы прочности ($\sigma_в$) и относительное удлинение до разрушения (δ).

Обнаружен эффект немонотонной зависимости δ от температуры 60-минутного отжига проволоки. При этом с увеличением температуры отжига наблюдается монотонное снижение $\sigma_в$. При увеличении температуры испытаний происходит одновременное снижение $\sigma_в$ и δ, зависимость ρ от температуры имеет классический линейный характер, температурный коэффициент сопротивления близок к значению для чистого Al.

Наилучшими свойствами в исходном состоянии обладает проволока из сплава Al-0.25Zr-0.25Er-0.15Si-0.20Hf: $\sigma_в$ = 287 ± 1 МПа, δ = 1.4 ±0.3 %, ρ = 3.31 ±0.04 мкОм·см. Испытания на термостойкость показывают, что она может эксплуатироваться длительное время при температуре 200°С. Свойства проволоки при данной температуре: $\sigma_в$ = 167 ± 18МПа, δ = 0.4 ± 0.2 %, ρ = 5.28 ±0.05 мкОм·см.

УДК 669-1

КОМЕЛЬКОВ А.В.,РУБЦОВА К.А., НОХРИН А.В., БОБРОВ А.А.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ НА СВОЙСТВА СПЛАВА Al-6Mg-0.05Sc-0.3Zr

Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

В современном материаловедении остается актуальной задача о создании высокопрочных алюминиевых сплавов, обладающих повышенной коррозионной стойкостью, высоким сопротивлением усталостному разрушению и способными работать длительное время в условиях пониженных температур (до -150°С). Такие материалы необходимы для создания новых космических аппаратов, а также для техники, работающей в условиях Крайнего Севера.

В данной работе исследовали новый сплав Al-6Mg-0.05Sc-0.3Zr, экономно легированный Sc. Частичная замена дорогостоящего скандия цирконием позволяет значительно снизить стоимость материала, при этом в системе Al-Sc-Zr возможно выделение вторичных комплексных дисперсных частиц («ядро» Al_3Sc –«оболочка» Al_3Zr), положительное влияние которых на свойства сплава превосходит влияние отдельных частиц Al_3Sc и Al_3Zr. Сплав получен литьем с индукционным нагревом и перемешиванием. После литья выполнено пять этапов горячей прокатки в валках (относительное обжатие 17 % на каждом этапе). Серии прокаток проводили при температурах 250, 300, 350, 400, 450 °С.

Выполнено исследование микроструктуры, микротвердости (по Виккерсу) и удельного электросопротивления полученных деформированных заготовок. Проведено измерение

внутренних микронапряжений в образцах по методике Вильямсона-Холла. Контроль остаточных микронапряжений после литья и деформационной обработки является особенно важным для усталостных свойств материала и свойств при пониженных температурах. Внутренние напряжения второго рода затрудняют скольжение дислокаций при пластической деформации, приводя к образованию дислокационных скоплений, что служит причиной зарождения трещин при циклических нагрузках, а в случае низках температур – к преждевременному хрупкому разрушению материала.

Результаты исследования показали, что повышение температуры прокатки приводит к снижению микротвердости и уменьшению величины микронапряжений, что обусловлено процессами возврата и рекристаллизации, протекающими параллельно с пластической деформацией. После горячей прокатки при 450°С (суммарная степень обжатия ~ 85 %) доля рекристаллизованного зерна составляет ~ 80 % со средним размером зерна ~ 60 мкм, величина внутренних микронапряжений близка к нулю, микротвердость составляет 932 ± 16 МПа, что существенно превышает микротвердость отожженого сплава АМг6 (~ 700 МПа). На рис. 1 приведена зависимость абсолютной величины остаточных микродеформаций (ε) от температуры прокатки (*t*).

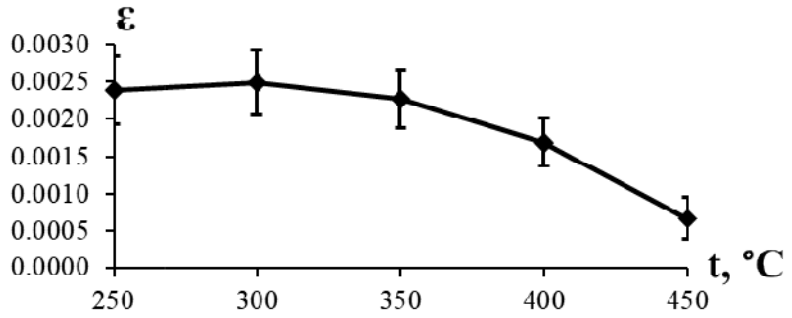


Рис.1. Зависимость абсолютной величины остаточных микродеформаций от температуры прокатки

УДК 539.3

МЫЛЬНИКОВА М.В., ЗАХАРЫЧЕВ Е.А., МЫЛЬНИКОВ В.В.

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОПРОТИВЛЕНИЯ УСТАЛОСТИ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ И КОМПОЗИТОВ

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет

В данной работе анализируются результаты изменения показателей сопротивления усталости широко применяемых алюминиевых сплавов и экспериментального дисперсно-упрочненного композиционного материала на основе алюминия [1]. Испытания цилиндрических образцов диаметром 5 мм проводили по схеме (рис. 1) на консольный изгиб с вращением.

В качестве критерия сопротивления усталости использовали tg α_w – угол наклона кривой усталости, кроме этого его использовали в виде коэффициента регрессии, входящего в формулу для вычисления коэффициента корреляции [2].

$$tg\alpha_w = \frac{dlg\sigma}{dlgN}, \qquad (1)$$

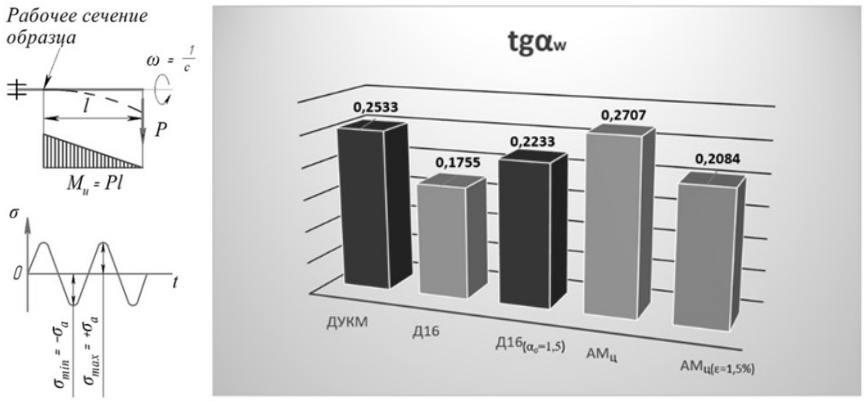
$$tg\alpha_w = \kappa_\beta = \frac{n\sum lg\sigma \cdot lgN \;\; \sum lgN \cdot \sum lg\sigma}{n\sum (lgN)^2 - (\sum lgN)^2}, \qquad (2)$$

где σ – циклическое напряжение; *N* – количество циклов.

Коэффициент корреляции подсчитывали по выражению:

$$K_{\text{кор}} = \kappa_\beta \sqrt{\frac{n\sum(lgN)^2 - (\sum lgN)^2}{n\sum(lg\sigma)^2 - (\sum lg\sigma)^2}}, \qquad (3)$$

$K_{кор}$ – коэффициент корреляции, указывает степень сходимости построенной кривой усталости с результатами эксперимента.



а *б*

Рис. 1. Изображения: *а* – схема нагружения; *б* – изменение угла наклона кривой усталости испытанных сплавов

Получены несколько противоречивые данные, которые необходимо дополнительно исследовать. А именно: при более низком частотно-скоростном режиме нагружения образцы из экспериментального композита продемонстрировали повышенные усталостные характеристики и более высокую стабильность работы под действием циклических нагрузок, а в случае высокочастотных испытаний значительно более низкие показатели.

Библиографический список

1. Investigation of Thermophysical Processes of Obtaining Various Aluminum Matrix Composites / V. V. Myl'nikov, A. I. Pronin, M. V. Myl'nikova [et al.] // Technical Physics. – 2024. – Vol. 69, No. 5. – P. 1296-1303. – DOI 10.1134/S1063784224040273. – EDN GDICPL.
2. Fatigue Resistance of Dispersion-Hardened Aluminum Alloy / V. V. Mylnikov, E. A. Zakharychev, A. I. Pronin [et al.] // Metal Science and Heat Treatment. – 2024. – Vol. 66, No. 1-2. – P. 25-31. – DOI 10.1007/s11041-024-01013-5. – EDN GEWSAG.

УДК 004.8

МЯСНИКОВ Д.В., ХЛЫБОВ А.А.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К ПРИМЕНЕНИЮ НЕЙРОСЕТЕЙ В МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ: РУССКОЯЗЫЧНЫЕ И ЗАРУБЕЖНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Русскоязычные исследования по применению нейросетей в материаловедении ориентированы на автоматизацию конкретных лабораторных задач. В работе [1] разработано программное обеспечение на Python для анализа микроструктурных изображений: выделение границ зёрен, сегментация фаз, автоматическое распознавание масштабной линейки для пересчёта пикселей в микрометры. Авторы акцентируют создание готового инструмента для материаловеда, а не сравнение алгоритмов. В [2] свёрточные нейросети применяются для се-

мантической сегментации феррито-перлитной структуры легированных сталей. Подчёркивается критическая роль аугментации данных и ручной разметки изображений для обучения. Обе работы используют статические изображения микроструктур, полученные с оптических микроскопов.

Зарубежные исследования охватывают более широкий спектр: от оптимизации параметров печати до прогнозирования механических свойств. Обзор [3] систематизирует применение машинного обучения в аддитивном производстве для трёх типов задач: оптимизация параметров, прогнозирование пористости и обнаружение дефектов. В качестве источников данных используются не только изображения, но и тепловизионные карты, акустическая эмиссия, сигналы датчиков. Экспериментальная работа [4] посвящена предсказанию высокотемпературного поведения сплава AlSi9Cu3, полученного лазерным плавлением. Авторы сравнивают три классические конститутивные модели и два алгоритма машинного обучения - многослойный перцептрон и регрессию опорных векторов. Кроме того, зарубежные работы активно применяют методы оценки неопределённости прогнозов и интерполяции/экстраполяции на ненаблюдавшиеся режимы.

Численно показано, что нейросетевые методы на порядок точнее классических конститутивных моделей при экстраполяции на высокие температуры. Перспективным направлением является объединение подходов: русскоязычные наработки по обработке микроструктурных изображений могут быть дополнены зарубежными методами прогнозирования и мультимодального анализа.

Библиографический список

1. Дудников Д.О., Огурцов Н.А., Коннов Э.А. Программное обеспечение для автоматизации исследований в области материаловедения // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2025. № 2. С. 69–75.
2. Ершеев Н.Е. Доэвтектоидные легированные стали как основа ИИ-прогнозирования свойств конструкционных материалов // Шаг в науку. 2025. № 4. С. 22–26.
3. Nasiri S., Khosravani M.R. Machine learning in predicting mechanical behavior of additively manufactured parts // Journal of Materials Research and Technology. 2021. Vol. 14. P. 1137–1153.
4. Murugesan M., Gairola S., Rengaswamy J., Ramu P. Machine learning enabled prediction of high temperature mechanical behavior in additively manufactured AlSi9Cu3 alloy // Journal of Materials Research and Technology. 2026. Vol. 41. P. 699–714.

УДК 539.3

РЯБОВ Н.А., МЫЛЬНИКОВ В.В.

ДЕФОРМАЦИОННОЕ УПРОЧНЕНИЕ РАСТЯГИВАЕМЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ ВЫСОКОПРОЧНОЙ СТАЛИ

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет

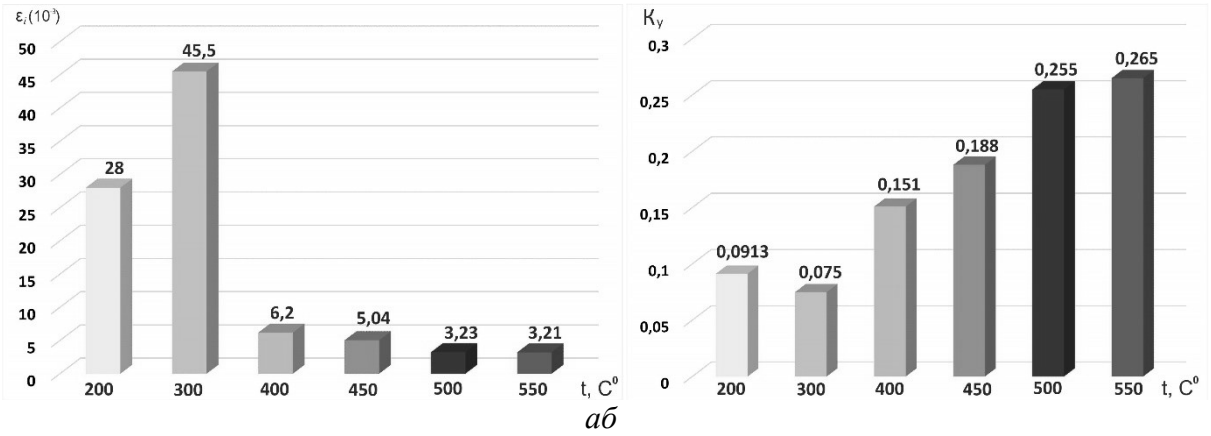
В данной работе представлены результаты испытаний образцов высокопрочной стали Н18К9М5Т, которая относится к классу мартенситно-стареющих. Испытания цилиндрических образцов проводили при одноосном растяжении прямым способом нагружения и постоянном контроле деформации на универсальной испытательной машине AG-Xplus-0.5фирмы Shimadzu с использованием прецизионного привода, оснащенного винтом на шаровой опоре в нормальных условиях эксперимента при комнатной температуре.

Были получены экспериментальные деформационные кривые для партий образцов с различным структурным состоянием стали и осуществлен переход путем расчетов к истинным деформациям. Физический смысл истинных деформаций заключается в отражении состояния стали в каждый конкретный момент деформации и показывает динамику деформационного упрочнения.

Используя уравнение Холломона и уравнение Людвика с учетом методики численного дифференцирования Круссара-Жауля для перехода к логарифмическим интерпретациям и параметры микропластической деформации получили формулы для расчета коэффициента деформационного упрочнения исследуемой стали:

$$K_y = \frac{d\ lg\sigma}{d\ lg\varepsilon}\text{, где } \varepsilon = \ln\frac{F_0}{F_T} \quad (1)$$

$$K_y = \frac{lg\sigma_в^{ист} - lg\sigma''}{lg\varepsilon_p - lg\varepsilon_i} \quad (2)$$



аб

Рис. 1. Диаграммы изменения значений: *а* – истинная деформация; *б* – коэффициент деформационного упрочнения

Наибольшую пластичность в виде показателей истинной деформации показали образцы стали после закалки и отпуска 300°С, но при этом наблюдается самое низкое значение коэффициента деформационного упрочнения.

«Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-29-20164, https://rscf.ru/project/25-29-20164/»

Подсекция 6.2

Металлургия и заготовительные производства машиностроения

УДК 621.762.4:

БУЛГАКОВ И.И., МАСЛОВ К.А.

ИННОВАЦИОННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОЕКТ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ СЛОЖНОЙ ГЕОМЕТРИИ МЕТОДОМ ГОРЯЧЕГО ИЗОСТАТИЧЕСКОГО ПРЕССОВАНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Современное развитие машиностроения и металлургии характеризуется ростом требований к изделиям сложной геометрии, включающим внутренние полости, каналы, тонкостенные элементы и участки переменной толщины. Традиционные методы формообразования обладают ограниченными возможностями при изготовлении таких изделий, что проявляется в неравномерности структуры, наличии дефектов и увеличении объёма последующей механической обработки.

В рамках данного проекта рассматриваются теоретические основы разработки технологии получения изделий сложной геометрии с использованием методов порошковой металлургии. В качестве базового метода выбрано горячее изостатическое прессование (ГИП), обеспечивающее всестороннее воздействие давления и температуры на заготовку.

Использование горячего изостатического прессования позволяет снизить влияние геометрической сложности изделия на процессы уплотнения. В отличие от традиционных методов, ГИП обеспечивает равномерное уплотнение материала по всему объёму, включая труднодоступные зоны сложной формы, что делает возможным получение изделий с внутренними полостями и пространственно развитой геометрией без выраженной структурной неоднородности [1].

Определенные технические сложности реализации процесса обусловливают необходимость применения расчётных и моделирующих подходов к его анализу. В рамках теоретического рассмотрения возможна оценка послойной заполняемости заготовки порошковым материалом, позволяющая выявлять неравномерность распределения плотности в элементах сложной геометрии. Для более детального анализа применяются программные комплексы, такие как ANSYS, Abaqus и Simufact Additive, обеспечивающие моделирование термомеханических процессов. Применение моделирования позволяет выявлять потенциально дефектные зоны, оценивать влияние геометрии изделия на распределение плотности и уточнять параметры технологического процесса на этапе проектирования.

Таким образом, горячее изостатическое прессование рассматривается как основа инновационного технического проекта получения изделий сложной геометрии, а развитие расчётных и моделирующих подходов является необходимым условием его реализации.

---

1. Процессы изостатического прессования / Под ред. Джеймса П.ДЖ.: Пер. с англ. / Под ред. Папирова И.И. и Пахомова Я.Д. — М.: Металлургия, 1990, 192 с

УДК 621: 669

ГАНИН С.А., ЛЕУШИН И.О.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА В УСЛОВИЯХ АО ННИИММ «ПРОМЕТЕЙ»

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Техническая подготовка производства представляет собой совокупность взаимосвязанных мероприятий, направленных на обеспечение эффективного и стабильного выпуска продукции высокого качества. Данный процесс включает в себя несколько ключевых этапов: исследование рынка, разработку новой продукции или модернизацию существующей, конструкторскую и технологическую подготовку, организационные мероприятия, обеспечение материально-техническими ресурсами, финансовое планирование, производственный контроль, а также сопровождение и развитие производства. Для достижения максимальной эффективности все перечисленные этапы должны быть согласованы и реализованы в единой системе [1].

АО «Нижегородский научно-исследовательский институт машиностроительных материалов «Прометей» (ННИИИММ «Прометей») является одной из ведущих научно-исследовательских и производственных организаций, ориентированных на разработку и выпуск высокотехнологичной металлопродукции, в основном для военного судостроения. В последние годы им активно реализуются меры по внедрению современных технологий, обновлению оборудования и повышению качества выпускаемой продукции. Тем не менее, несмотря на достигнутые результаты, его литейное производство нуждается в совершенствовании технической подготовки.

В практике АО ННИИИММ «Прометей» возникла проблемная ситуация, связанная с несистемным внедрением информационных и цифровых технологий в процессы технической подготовки литейного производства, что привело к заметному снижению ее общей эффективности. Для разрешения сложившейся ситуации был сформирован комбинированный, на основе современных цифровых инструментов, вариант, приемлемый для многономенклатурного и мелкосерийного характера производства без его остановки.

На данный момент работа близится к завершению. Уже представлен комплексный анализ системы технической подготовки литейного производства на базовом предприятии, выявлены ключевые проблемы ее функционирования и недостатки существующих подходов. Рассмотрены возможные варианты их минимизации и обоснован выбор наиболее эффективного из них. Разработан и принят к реализации технический проект с внедрением современных цифровых технологий, таких как *ERP*-, *MES*- и *CAD*/*CAM*/*CAE*-системы и реверс-инжиниринг, а также организацией опытно-экспериментального участка для отработки принятых решений перед запуском в действующее производство. Выполнены выбор программного и технического обеспечения, технологического и подъемно-транспортного оборудования, оценка экономической эффективности предложенных мероприятий, предложен комплекс экологических и санитарно-технических решений, направленных на обеспечение безопасности труда и снижение негативного воздействия на окружающую среду.

---

1. Медведева, С. А. Основы технической подготовки производства: учеб. пособие / С.А. Медведева; СПбГУ ИТМО. – СПб. Изд-во СПбГУ ИТМО, 2010. – 69 с.

УДК 621.74

ГУЗАНОВ Н.А., РЯБОВА Л.И., ШИЛЯЕВ А.А., ЛЕУШИН И.О.

ВАРИАНТ НАУГЛЕРОЖИВАНИЯ СИНТЕТИЧЕСКОГО ЧУГУНА ИНДУКЦИОННОЙ ВЫПЛАВКИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Компоненты шихты, используемой в практике производства чугуна, имеют различное функциональное назначение. Большей частью – это получение сплава конкретного химического состава и вывод в шлак нежелательных примесей. В производстве синтетического чугуна, получаемого в условиях литейного производства ООО «Нижегородские автокомпоненты» (ООО «НАК») из стального расплава, для науглероживания металлической основы, содержащей недостаточное количество углерода, применяют карбюризаторы, такие как отходы производства графитовых изделий, например, графитовых электродов для дуговых электропечей, природный графит, кокс, термоантрацит, и др. Однако они дефицитны, дороги и характеризуются относительно большим расходом, высокой зольностью (8-15%), низкой степенью усвоения углерода (60-75%), а также содержат в своем составе повышенное количество серы (0,5-1.5%), являющейся для чугуна вредной примесью и препятствующей эффективному модифицированию.

В качестве альтернативы предлагается использовать материал разделанных изношенных автомобильных шин – весьма распространенного отхода техногенного происхождения, запасы которого практически неисчерпаемы. В настоящее время остро стоит задача его рециклинга с целью повторного использования. Этот материал содержит в своем составе высокую долю углерода, а потому имеет существенный потенциал для использования в качестве карбюризатора. При этом существуют определенные проблемы его применения, связанные прежде всего с активной термодеструкцией и дымовыделением при нагреве и в интервале рабочих температур, а также присутствием серы в качестве вулканизирующего элемента и улучшающей добавки в составе синтетической резины.

Работа включает в себя несколько этапов. Первый этап – проверка принципиальной возможности практической реализации замысла в условиях действующего производства синтетического чугуна индукционной плавки и выявление недостатков технической схемы. Второй этап – теоретическая оценка и экспериментальные исследования поведения материала при нагреве от комнатной температуры до диапазона рабочих температур плавки. Третий этап связан с поиском организационных и технических решений, позволяющих внедрить предлагаемую инновацию, встроив в существующие логистические и производственные цепочки базового предприятия. Заключительный этап работы – оценка ожидаемых технического, экономического и экологического эффектов применения разработки.

К настоящему времени полностью выполнен первый этап и завершается выполнение второго. В качестве рабочей гипотезы для проверки на третьем этапе рассматривается использование схемы «теплого» (при температуре 150-200°С) брикетирования смеси стальной стружки с грубой резиновой крошкой изношенных автомобильных шин размерами гранул 7-25 мм на площадке партнера ООО «НАК» – ООО «Оптресурс» и жесткие ограничения (до 20%, масс.) содержания брикетов в составе шихты для плавки на синтетический чугун в условиях литейных цехов ООО «НАК». Для определения технического эффекта планируется оценивать степень усвоения углерода металлом, содержание серы в получаемом чугуне и глубину отбела на клиновой технологической пробе. Оценка экологического эффекта будет связана с фиксацией активного дымовыделения, резких запахов и превышения предельно допустимых концентраций по пылевыделению и выбросам окислов серы и азота. Экономический эффект, очевидно, будет обусловлен заменой дефицитного и дорогого карбюризатора, применяемого на заводе в настоящее время, более доступным и дешевым, что в итоге позволит снизить затраты на производство чугунного литья для нужд автомобилестроения.

УДК 621:669

ГУСЬКОВ Д.П., ЛАРИН М.А.

РЕИНЖИНИРИНГ ПРОИЗВОДСТВА ЛИТЫХ ЯКОРЕЙ В ООО «МЕТМАШ» С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ И ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

ООО «Метмаш» – российское промышленное предприятие, специализирующееся на производстве металлических изделий для разных отраслей промышленности. В номенклатуру входят фасонное стальное и чугунное литьё, поковки, механическая обработка и сборка готовых изделий. В рамках выпуска судостроительной продукции предприятие изготавливает литые якоря массой до 2640 кг.

В настоящее время литые якоря изготавливаются из сталей марок 35Л, 45Л и т.д. а также из серого чугуна марок СЧ15 – СЧ 30 в соответствии с требованиями ГОСТ 977-88 [1], заливка металла осуществляется при температуре 1580 – 1620℃ для стали и 1370 - 1400℃ для чугуна. Однако в условиях ООО «Метмаш» наблюдается повышенный брак из-за газовых раковин и усадочной рыхлоты, а также высокий уровень пылегазовыбросов (Fe_2O_3, Mn_2O_5, Al_2O_3, SiO_2, оксиды Cr и P, CO) превышающий нормативы.

Реинжиниринг – это радикальное перепроектирование производственных процессов для достижения качественных улучшений. В работе будет выполнен анализ текущего состояния плавильного и формовочного участков, обоснована замена оборудования, разработаны мероприятия по снижению брака и выбросов. Также подлежит решению задача внедрения вакуумной обработки расплава, модифицирования и оценки экономической эффективности.

Для решения поставленных задач предлагается замена ДСП-5 (дуговая сталеплавильная печь ёмкостью 5 тонн) на ИСТ-5 (индукционная тигельная печь ёмкостью 5 тонн), что позволит уменьшить угар легирующих элементов, точно выдерживать химический состав и снизить выбросы пыли за счет отсутствия электродного факела. Также предусмотрена установка газоочистных зонтов для дополнительного улавливания загрязняющих веществ.

В результате реинжиниринга доля брака снизится с 14 % до 4,5 %. Выбросы вредных веществ сократятся до значений, соответствующих требованиям природоохранного законодательства [2]. Также ожидается экономический эффект за счет уменьшения возврата и переплава бракованных отливок. Предложенное решение может быть внедрено и на другие отливки производства ООО «Метмаш».

Библиографический список

1. ГОСТ 977-88. Отливки стальные. Общие технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 35 с.
2. ГОСТ 26358-84. Отливки из чугуна. Общие технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 4 с.

УДК 621: 669

ЕРМИЛОВ В.В., ГЕЙКО М.А.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ПЕРЕВООРУЖЕНИЕ ЛИТЕЙНОГО ЦЕХА №4 ООО «НИЖЕГОРОДСКИЕ АВТОКОМПОНЕНТЫ»

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Предприятие ООО «Нижегородские Автокомпоненты» объединяет кузнечное и литейное заготовительные производства, полный цикл механической обработки, холодной и горячей штамповки, термообработки, окраски, сборки и представляет полный цикл подготовки

производства: от разработки чертежа продукта до изготовления оснастки и серийного выпуска продукции. Литейный цех №4, входящий в состав металлургического комплекса компании, является ключевым звеном в технологической цепочке производства автокомпонентов. Однако для цеха характерны проблемы высокой материало- и энергоемкости, недостаточной гибкости при смене номенклатуры изделий. В связи с этим на предприятии инициирован процесс масштабного технического перевооружения, требующий комплексного и системного подхода.

Техническое перевооружение представляет собой комплекс мероприятий, направленных на обновление и совершенствование оборудования, внедрение современных технологий, автоматизацию производственных процессов и повышение эффективности производства. Основной целью перевооружения является повышение качества отливок, снижение производственных затрат, увеличение производительности труда и улучшение условий работы персонала.

Анализ текущего состояния литейного цеха №4 показал наличие морально и физически устаревшего оборудования, высокую долю ручного труда, значительные потери времени и ресурсов, а также нестабильность качества выпускаемой продукции. Данные факторы негативно влияют на конкурентоспособность предприятия и требуют внедрения современных технических решений.

Важнейшим направлением перевооружения является модернизация плавильного и формовочного участков. Замена устаревших печей на современные индукционные тигельные печи с автоматизированным контролем температуры и химического состава позволяет не только увеличить производительность, но и снизить энергозатраты, а также улучшить условия труда.

В рамках изучения данной темы проведен анализ отечественного и зарубежного опыта модернизации литейных производств, рассмотрены современные технологические решения и оборудование, применяемые в отрасли. Выполнена оценка эффективности предлагаемых мероприятий с точки зрения экономических и производственных показателей.

Ожидается, что реализация проекта технического перевооружения литейного цеха №4 позволит повысить качество продукции, снизить себестоимость отливок, увеличить производительность труда, а также обеспечить устойчивое развитие предприятия в долгосрочной перспективе.

УДК 621.74

ЖУКОВ А.Р., ГРАЧЕВ А.Н.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗАГОТОВОК ИЗ ПЕНОАЛЮМИНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Пеноалюминий – это металлический материал ячеистой структуры: алюминиевый сплав с заполненными газом порами, которые занимают 55- 92% объема материала. Внешне напоминает застывшую металлическую губку. Пеноалюминий обладает рядом отличительных свойств, таких как высокая пористость, большая удельная поверхность, высокая удельная прочность, высокая удельная жесткость, хорошее поглощение энергии, демпфирование и амортизация, коррозионная стойкость, устойчивость к высоким температурам, электромагнитное экранирование, нетоксичность, простота обработки, поверхностной обработки покрытия. Благодаря своим превосходным физико-механическим свойствам пеноалюминий может использоваться как в качестве конструкционных, так и в качестве функциональных материалов.

Состав металлического каркаса и структура пор можно контролировать, что позволяет удовлетворить различные потребности: большая апертура (0,3-7 мм), разнообразная пористая структура (пеноалюминий с закрытыми порами, сквозными и микросквозными отверстиями), высокая и контролируемая пористость (63%-90%), большая удельная площадь поверхности (10-45 см/см^2).

Пеноалюминий применяется в таких областях как: автомобилестроение (энергопоглощающие элементы при ударах), теплообменная техника (высокая удельная поверхность), фильтрация (материалы с контролируемым размером пор), аэрокосмическая промышленность (силовые элементы конструкций).

Основными методами получения пеноалюминия являются: вспенивание расплава, порошковый метод и метод реплики.

Метод вспенивания расплава является одним из наиболее производительных способов. Процесс начинается с подготовки алюминиевого расплава, в который вводят газообразующие компоненты. Для стабилизации пены в расплав добавляют специальные загустители, чаще всего частицы SiC или Al_2O_3 в количестве 10-15%. Эти добавки увеличивают вязкость расплава и предотвращают слияние пузырьков. После введения газов происходит процесс вспенивания, формование изделия и последующее охлаждение с кристаллизацией.

Порошковый метод базируется на использовании специальных порошков с газообразующими добавками. Процесс включает несколько ключевых этапов: сначала готовится смесь алюминиевого порошка с гидридом титана (TiH_2), который выступает в роли газообразователя. Затем происходит прессование полученной смеси, после чего следует этап спекания при высоких температурах. Этот метод позволяет точно контролировать пористость материала и обеспечивает равномерное распределение пор.

Метод реплики предполагает создание формы с последующей заливкой алюминиевого расплава. Процесс начинается с изготовления формы-прототипа, на основе которой создается реплика. В полученную форму заливается расплавленный алюминий, который после охлаждения формирует готовое изделие.

Механическое легирование представляет собой перспективный твердофазный метод получения пеноалюминия. Технология включает обработку порошкообразных компонентов в высокоэнергетических мельницах, после чего происходит консолидация активированной смеси.

Задача работы – разработка малозатратной, технически реализуемой в условиях обычного литейного производства технологии получения изделий из пеноалюминия со стабильным уровнем качества.

УДК 621.74

КОЗЛОВА А.А., ЯРОВАЯ Е.И.

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ ЛИТЕЙНОГО ЦЕХА АО «НИЖЕГОРОДСКИЙ ТЕЛЕВИЗИОННЫЙ ЗАВОД ИМ. В.И. ЛЕНИНА» С ПРИМЕНЕНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Техническое перевооружение литейных цехов является критически важным направлением повышения эффективности машиностроительных предприятий в условиях импортозамещения и ужесточения требований к качеству продукции. Литейный цех АО «Нижегородский телевизионный завод им. В.И. Ленина» характеризуется высокой степенью физического и морального износа оборудования (машины литья под давлением, плавильные печи), неста-

бильностью параметров технологических процессов, низким уровнем автоматизации и значительной долей брака.

Целью работы является разработка проекта технического перевооружения цеха на основе сравнительного анализа современных технологических решений и методов выявления производственных проблем.

В ходе исследования применён комплекс аналитических методов: диаграмма Исикавы, метод «5 Why», SWOT-анализ, анализ Парето и FMEA. Выявлены основные причины неэффективности: устаревшие технологические решения (включая машины с вертикальной камерой прессования), недостаточная автоматизация, высокий износ индукционных печей и отсутствие систем предиктивной диагностики.

Проведён сравнительный анализ горизонтальных машин литья под давлением ведущих мировых производителей (Bühler, IDRA, Italpresse Gauss, Shibaura Machine, LK Machinery, Yizumi) с учетом таких характеристик оборудования, как: технических, конструктивных, эксплуатационных, экономических с использованием современных инструментов сравнительного анализа (параметрического, стоимостного, AHP-метода бенчмаркинга). Оптимальным вариантом по соотношению «цена/качество» являются машины фирмы Yizumi. Данное оборудование обеспечивает высокий уровень технических и эксплуатационных характеристик при существенно меньшей стоимости по сравнению с европейскими аналогами. Машины отличаются достаточной точностью, энергоэффективностью и уровнем автоматизации, а также доступны для поставки и обслуживания в условиях действующих ограничений, что делает их наиболее рациональным выбором для модернизации литейного производства.

Для модернизации плавильного участка предложены индукционные печи РЭЛТЕК (вместимость 0,16 т) с тиристорными преобразователями (КПД не ниже 95%) и системами контроля износа футеровки (например, КСИТ-1).

Отдельное внимание уделено оценке возможности внедрения систем управления на основе искусственного интеллекта: нейронных сетей и нечёткой логики для оптимизации температурных и электрических режимов, а также алгоритмов машинного обучения для предиктивного обслуживания. Это позволяет повысить стабильность процесса, снизить энергозатраты и зависимость от человеческого фактора.

Реализация проекта обеспечит повышение производительности, снижение брака, улучшение качества отливок и устойчивое развитие предприятия. Полученные в работе выводы могут быть использованы при модернизации литейных производств машиностроительных и приборостроительных заводов.

УДК 621

КОМПАНИЦА К.С., ЛЕУШИН И.О., РЯБОВА Л.И.

ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ АУДИТ УЧАСТКА ЛИТЬЯ ПОД НИЗКИМ ДАВЛЕНИЕМ ООО «ВОЛГАСТАЛЬПРОЕКТ»

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В фокусе внимания авторов работы находится проблема, обусловленная недостаточным опытом практической реализации процесса литья под низким давлением (ЛНД) в условиях ООО «ВолгаСтальПроект», что, в свою очередь, приводит к нестабильности технико-экономических показателей производства.

Объектом исследования определена производственно-технологическая система участка литья под низким давлением, тогда как предметом выступает совокупность технико-технологических и экономических показателей работы участка, определяющие его эффективность.

Цель работы – улучшение этих показателей за счет реализации мероприятий и рекомендаций по итогам технико-технологического аудита (ТТА) участка ЛНД, который, по мнению авторов, позволит не констатировать потери, а выявлять их коренные причины и обосновывать направления модернизации.

Для достижения цели был разработан и реализован шестиэтапный план аудита. На первом этапе с применением диаграммы Исикавы проведен причинно-следственный анализ проблемной ситуации, характеризующейся высокой себестоимостью продукции и повышенным процентом брака. Анализ показал, что категории «Персонал», «Материалы», «Контроль» и «Условия среды» не являются генераторами системных сбоев: квалификация персонала достаточна, входной контроль сырья осуществляется, регламенты соблюдаются. Эпицентр всех значимых проблем был локализован в категории «Оборудование», а именно в узле «металлопровод» машин ЛНД. Стальной металлопровод подвержен интенсивной коррозии и требует трудоемкой подготовки (сварка, нанесение трех слоев защитной краски), а титановый демонстрирует низкую стойкость к ползучести, деформируясь уже через 1,5 месяца эксплуатации. Оба материала химически активны: железо и титан диффундируют в алюминиевый расплав, образуя грубые интерметаллидные фазы (β-Al_5FeSi и Al_3Ti), что приводит к снижению пластичности и росту брака. Таким образом, коренная причина установлена – это конструктивно-технологическое несовершенство узла металлопровода.

Проведенный ABC-анализ подтвердил, что именно данный узел является доминирующим источником затрат на участке ЛНД. Прямые расходы на закупку новых узлов формируют 73,8% всех потерь участка, а операционные издержки от простоев, трудозатрат и брака по химическому составу, являющиеся прямым следствием отказов металлопровода, составляют еще 9,2%. Суммарные годовые потери, связанные с несовершенством узла, превышают 5,6 млн рублей. Металлопровод в его текущем исполнении представляет собой не локальную неполадку, а системное конструктивное узкое место, самостоятельно генерирующее основные финансовые потери на участке.

На основе выявленных требований (увеличение ресурса, химическая инертность, снижение трудоемкости) были сформулированы три направления модернизации.

Первое (паллиативное) – оптимизация обслуживания стального металлопровода, что не устраняет коренные причины.

Второе (эволюционное) – замена материала на жаропрочную нержавеющую сталь AISI 310S, увеличивающая ресурс до 4-6 месяцев, но не гарантирующая полного исключения загрязнения расплава.

Третье (радикальное) – внедрение цельнокерамического металлопровода из титаната алюминия (Al_2TiO_5), обладающего низким коэффициентом термического расширения (менее $2*10^{-6}$ °C), полной химической инертностью к расплаву алюминия и ожидаемым ресурсом более 24 месяцев.

Метод экспертной оценки с участием ведущих специалистов предприятия дал следующие интегральные результаты: первый вариант – 2,05 балла, второй – 2,85 балла, третий – 4,35 балла. Наивысшая оценка обоснована: полное исключение химического загрязнения расплава, сокращение трудоемкости обслуживания с 64,8 до 0,225 человеко-часов в год и увеличение ресурса. Для дальнейшей реализации в техническом проекте выбран третий вариант. Проведенный ТТА доказал, что цельнокерамический металлопровод является решением, обеспечивающим синергетический эффект: устранение брака, кратное снижение операционных затрат и перевод участка ЛНД в режим стабильной предсказуемой работы, что напрямую способствует выпуску конкурентоспособной импортозамещающей продукции.

УДК 621.74

КОРНИЛОВ В.В., КОРОВИН В.А.

ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ЛИТЕЙНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА В УСЛОВИЯ АО «ВМЗ» ОМК, Г. НИЖНИЙ НОВГОРОД

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

АО «Выксунский металлургический завод» (ВМЗ) является одним из старейших и крупнейших металлургических предприятий России, входящим в состав Объединённой металлургической компании (ОМК). Технологическая база предприятия включает уникальные разработки: производство вакуумированной стали для ответственных изделий, применение машин непрерывного литья заготовок и использование технологии термомеханической прокатки. Система контроля качества на ВМЗ базируется на современных методах неразрушающего контроля (ультразвуковая дефектоскопия, рентгеновский контроль, спектральный анализ металлов, механические испытания).

В связи с планами увеличения объемов выпуска трубной продукции, предназначенной для работы в условиях высокого давления и низких температур, на АО «ВМЗ» был проведен технико-технологический аудит действующего производства. По результатам исследования выявлен ряд критических проблем, требующих незамедлительного решения:

- зависимость от импортных компонентов;
- износ производственных мощностей;
- недостаточная стабильность эксплуатационных характеристик готовой продукции;
- низкая операционная эффективность.

В рамках подготовки программы модернизации проведен бенчмаркинг российских и зарубежных предприятий, что позволило сформировать оптимальную стратегию, включающую поэтапную замену оборудования (с сохранением ключевых технологий), развитие собственного производства комплектующих, внедрение гибридной системы контроля качества и масштабную подготовку персонала.

Одним из ключевых направлений технического перевооружения стало создание участка производства труб малого диаметра. Технологический процесс ориентирован на повышение эксплуатационных характеристик изделий, обеспечивающих надежную работу при высоком давлении и в условиях низких температур.

Особое значение в достижении требуемых параметров имеет выбор инструментального оснащения. На большинстве российских предприятий традиционно используются твердосплавные валки импортного производства, характеризующиеся высокой стоимостью и длительными сроками поставки.

В рамках настоящего исследования основное внимание уделено поиску альтернативных решений в области инструментального оснащения, которые позволят не только устранить указанные недостатки, но и обеспечить стабильное получение продукции с заданными свойствами для работы в экстремальных условиях.

Итогом реализации проекта станет значительное улучшение технико-экономических показателей производства и выпуск конкурентоспособных труб для нефтегазовой отрасли и энергетики.

---

1. Технологии металлургического производства / под ред. В.М. Колобанова. — М.: Металлургия, 2020. — 512 с.

УДК 669

КРЫЛОВ М.М., ЧЕБЕРЯК О.И.

МИНИМИЗАЦИЯ ПОТЕРЬ МЕТАЛЛА ПРИ ВЕДЕНИИ ВАКУУМНОЙ ИНДУКЦИОННОЙ ПЛАВКИ, АО «РУСПОЛИМЕТ», Г. КУЛЕБАКИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Во время проведения плавок в вакуумно-индукционных печах (далее ВИП) было выявлено, что часть выплавляемого металла теряется ввиду нескольких факторов. Среди их множества выделяются следующие – испарения металла, которые теряются при оттоке печных газов в систему очистки оных, образование на верхнем торце тигеля «юбки», кольца застывшей смеси металла и шлака, образующегося в результате вспенивания и расплескания металла при ведении плавки, застывание металла в верхней части тигля из-за особенностей нагрева, прилипание расплава к стенкам тигеля и так далее. В результате производство приносит дополнительные нежелательные убытки, что ведет к удорожанию итогового продукта.

Завод компании АО «Русполимет» специализуется в создании цилиндрических и кузнечных слитков и прокатных колец из любой марки стали; предприятие делает упор на гибкость производства и создание сплавок для широкого спектра задач. ВИПы крайне важны в цепочке производства, поскольку только благодаря им компании удается получать слитки из прецизионных сплавов, по типу суперсплавов Inconel, используемые в аэрокосмической области. Вследствие чего потери металла на данном агрегате необходимо минимизировать для максимизации прибыли компании и уменьшении итоговой стоимости продукта.

В рамках поставленной задачи был проведен анализ конструкции ВИП и процесс плавки металла в нём, были выявлены причины потерь расплава и предложены варианты мероприятий по минимизации данных потерь. Среди них – дистилляция паров металла за счет разности давлений пара и дальнейшая конденсация, использование концентрирующих индукторов для большего нагрева в верхней части тигля и добавление покрытия тигля из ZrO2 для минимизации прилипания металла на стенки тигля.

При анализе методов минимизации потерь металла был проведен патентный поиск в базе данных Федерального института промышленной области, где и были выявлены необходимые решения. Основным источником информации при патентном исследовании является международная классификация изобретений (МКИ).

Интересующая область поиска определялась индексами:

-F27B 14/04:

-C22B 9/02:

-H05B 6/26:

-B22D 27/00:

Из множества патентов был выявлен прототип, вакуумно-индукционная печь конструкции Эдвина Фитча Нортрупа, патентообладатель – Ajax Magnethermic Corp. Настоящее изобретение относится к вакуумной индукционной печи для плавки металлов, и в частности к такой печи, которая снабжена первичной катушкой, расположенной вокруг внешней стороны вакуумной камеры, для плавки металла в вакууме, а также вибрационным кольцом для проведения вибрационной обработки расплавленного металла с целью достижения определенных металлургических эффектов.

Ключевые признаки прототипа: вакуумная камера с контролем давления; многослойная индукционная катушка для фокусировки поля; тигель с огнеупорным покрытием; система для минимизации рассеянных потерь, вибрационное кольцо для проведения вибрационной

обработки расплавленного металла.

Выбран в качестве прототипа так как итоговое новое техническое решение, базируемое на данном прототипе, наиболее реализуемо в рамках поставленной задачи и условий производства.

Библиографический список

1. А. Н. Филиломенко. Вакуумные индукционные печи, область применения. // EuropeanCommisionTempus. Серия «Литье и металлургия».
2. Д.Е. Каблов, Е.Г. Шомполов, В. В. Сидоров, А.В. Горюнов. Вакуумная индукционная плавильно-разливочная установка УИМ 12 III НМС для получения высококачественных жаропрочных никелевых сплавов. // ВИАМ/2014-Тр-05-05.

УДК 621:669

МАРГУН Д.С., ГЕЙКО М.А.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И БИБЛИОТЕКИ ТИПОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НОВЫХ И МОДЕРНИЗАЦИИ ДЕЙСТВУЮЩИХ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Традиционные подходы к проектированию, опирающиеся на ручные расчеты и дискретную разработку каждого отдельного узла, сегодня признаются неэффективными. Они характеризуются высокой трудоемкостью, чрезмерными сроками разработки и критическим риском возникновения проектных ошибок, связанных с человеческим фактором. Отсутствие унифицированных проектных решений неизбежно ведет к избыточному дублированию работ и делает практически невозможным оперативное тиражирование успешных практик на другие объекты.

Реализация стратегии создания библиотек типовых элементов позволит отечественным предприятиям литейной отрасли не только сократить технологическое отставание, но и создать гибкую, быстро адаптируемую производственную базу, способную оперативно реагировать на меняющиеся потребности рынка. Переход к модульному автоматизированному проектированию – это необходимый шаг на пути к Индустрии 4.0 в металлургическом секторе.

В ходе выполнения работы была выявлена проблемная ситуация, устаревшие методы и недостаточная интеграции современных технологий в процессе проектирования цехов, приводит к высокому времени выполнения проектов и увеличению вероятности ошибок. Для решения проблемы была поставлена цель разработать методику и создать библиотеку типовых элементов для проектирования литейных цехов.

В настоящее время работа близится к завершению. Проведен анализ существующих САПР на возможность автоматизации проектирования и внедрения собственных библиотек, выявлены их преимущества и недостатки, после сравнения была выбрана программа для создания библиотеки. Разработана методика и создана библиотека типовых элементов для проектирования литейных цехов. Проведена оценка экономической эффективности, а также составлен комплекс решений, связанный с обеспечением безопасности труда.

УДК 621: 669

СМОЛКОВ И.С., КОРОВИН В.А.

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ ЛИТЫХ ИЗЛОЖНИЦ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СЛИТКОВ ИЗ ЖАРОПРОЧНЫХ СПЛАВОВ В УСЛОВИЯХ АО «РУСПОЛИМЕТ»

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

АО «Русполимет» – российское металлообрабатывающее предприятие полного цикла производства – от выплавки специализированных марок сталей и сплавов до выпуска кольцевой и дисковой металлической продукции различных размеров и видов для нужд машиностроительной, авиастроительной, атомной, энергетической и прочих отраслей промышленности. В условиях действующего производства особое внимание уделяется повышению эффективности технологических процессов и увеличению ресурса используемого оборудования, в частности изложницам.

Изложница, форма для отливки слитка из металла и сплавов. Изложницы изготовляются из чугуна, стали, графита и др.; в основном применяются в чёрной металлургии, а также в цветной металлургии, ювелирном деле и др.

Эксплуатация изложниц для производства слитков из жаропрочных сплавов сопровождается значительными трудностями – быстрым износом, образованием трещин, сеток разгара из-за термических циклов, размывом стенок и дна, выгаров, раковин, сколов, коробления и других дефектов. Недостаточная стойкость изложниц приводит к снижению эффективности производства, увеличению затрат на замену оборудования и ухудшению качества слитков, что требует поиска новых подходов к материалам, конструкции и технологическим процессам [1].

Проблема повышения эксплуатационной стойкости изложниц носит комплексный характер и требует системного подхода. Предполагается, что оптимизация конструкции, подбор современных материалов и внедрение новых технологических методов (например, покрытия, регулируемый режим охлаждения) обеспечат существенный прирост эксплуатационной стойкости изложниц, что сократит производственные издержки и повысит качество слитков из жаропрочных сплавов.

В рамках изучения данной проблемы проведен анализ механизмов разрушения литых изложниц, используемых на предприятии, а также влияние технологических и эксплуатационных факторов на их долговечность. Рассмотрены современные подходы к повышению стойкости, включая использование легированных чугунов с модифицированной структурой, нанесение защитных покрытий и применение методов неразрушающего контроля для своевременного выявления дефектов. Особое внимание уделено применение моделирования напряжённо-деформированного состояния изложниц, позволяющего прогнозировать их поведение в реальных условиях.

Ожидается, что применение данных мер по увеличению ресурса изложниц позволит существенно увеличить их срок службы, снизить затраты на ремонт и замену, а также повысить качество слитков из жаропрочных сплавов в условиях АО «Русполимет».

---

1. Дефекты изложниц – Электронный ресурс [Режим доступа свободный]:URL:http://steelcast.ru/defekty-izlozhnic

СЕКЦИЯ 7

ФИЗИКА ЯДЕРНЫХ И ВОЛНОВЫХ ПРОЦЕССОВ, ТЕХНОЛОГИИ УСТАНОВОК

Подсекция 7.1

Ядерная энергетика

УДК 621.039.5

АМЕЛИН Н.А., КОТОВ М.А., ОВЧИННИКОВ А.Д., ТАРАБУРИН И.Д., ХОХЛОВ В.Н.

КОНЦЕПТ СИСТЕМЫ ОТВОДА ТЕПЛА ДЛЯ ГЕРМЕТИЧНОГО ОБЪЕМА РЕАКТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Обеспечение надежного отвода тепла от герметичного объема с реакторной установкой является ключевым условием безопасности как в режимах нормальной эксплуатации, так и при аварийных ситуациях. Особые требования предъявляются к системам пассивного теплоотвода в условиях потери электропитания, что особенно актуально для судовых реакторных установок с ограниченными массогабаритными характеристиками.

В работе предложена концепция системы отвода тепла для водо-водяного реактора, включающая два контура циркуляции теплоносителя. Внутри герметичного объема размещены участки труб с продольным оребрением, на которых в нормальном режиме обеспечивается вынужденная конвекция воздуха (вентиляторы), а в аварийном режиме происходит конденсация парогазовой среды. Циркуляция воды во втором контуре в нормальных условиях осуществляется насосом, при аварии – за счет естественной циркуляции. Для повышения надежности предусмотрены резервный насос и байпасная линия с магнитным клапаном, открывающимся при отключении питания. Отвод тепла в третий контур выполнен в теплообменнике с трубами поперечного оребрения.

Особенностью использования внутри герметичного объема продольно-оребренных труб являются две функции: в режиме нормальной эксплуатации они работают как поверхности вынужденной конвекции для охлаждения воздуха, а в аварийной ситуации – как конденсаторы парогазовой смеси. Такое совмещение функций позволяет отказаться от отдельных конденсаторов и существенно экономить пространство. Кроме того, продольное оребрение увеличивает площадь теплообмена без наращивания габаритов, а вертикальное расположение труб способствует развитию естественной циркуляции теплоносителя во втором контуре при потере электропитания.

Выполнен теплогидравлический расчет основных элементов системы. В нормальном режиме тепловая мощность, отводимая от герметичного объема, составляет 100 кВт, температура воздуха поддерживается в диапазоне 20–45 °С. В аварийном режиме при тепловыделении 2,5 МВт обеспечивается ограничение давления парогазовой среды не выше 0,5 МПа (абс.) и температуры не более 150 °С. Требуемая площадь теплообмена внутри герметичного объема составила 54 м², в холодном теплообменнике - 44,3 м². Запас по естественной циркуляции в аварийном режиме достиг 2,218, что подтверждает работоспособность системы при потере электропитания.

Теоретические оценки коэффициентов гидравлического сопротивления элементов контура выполнены на основе стандартных инженерных методик [1, 2]. Экономическая оценка показала, что капитальные затраты на систему составляют около 2,18 млн руб., а полные затраты за 20-летний жизненный цикл – 22,58 млн руб.

Таким образом, предложенная концепция системы отвода тепла обеспечивает выполнение функций как в нормальных, так и в аварийных режимах, характеризуется высокой надежностью за счет использования пассивных средств (естественная циркуляция, байпас с магнитным клапаном) и может быть рекомендована для применения в судовых реакторных установках.

Библиографический список

1. Кутателадзе С. С. Теплопередача и гидродинамическое сопротивление: справочное пособие. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 367 с.
2. Идельчик И. Я. Гидравлическое сопротивление. – Москва: Энергоатомиздат, 1992. – 368 с.

УДК 621.039

АРБАТСКИЙ Л.И.

АКАДЕМИК А.И. ЛЕЙПУНСКИЙ И ЕГО РОЛЬ В СТАНОВЛЕНИИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ РЕАКТОРОВ НА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

История развития ядерной энергетики неразрывно связана с именами выдающихся ученых, опередивших свое время. В области реакторов на быстрых нейтронах такой фигурой, безусловно, является академик Александр Ильич Лейпунский. Еще в конце 1940-х годов, задолго до энергетического кризиса и осознания ограниченности запасов урана-235, он научно обосновал необходимость перехода к реакторам-размножителям (бридерам), способным к расширенному воспроизводству ядерного топлива.

Как отмечают исследователи, именно А.И. Лейпунский «дал первое обоснование возможности воспроизводства ядерного топлива в реакторах на быстрых нейтронах» [1]. Он не только предвидел стратегическую важность замкнутого ядерного топливного цикла, но и принял ключевые решения о выборе натрия в качестве теплоносителя и керамического (оксидного) топлива. Под его научным руководством в Физико-энергетическом институте (ФЭИ, г. Обнинск) был создан высокотворческий коллектив, начавший разработку первых энергетических быстрых реакторов.

Путь от идеи к реализации был сложен. Изначально быстрые реакторы рассматривались и как наработчики оружейного плутония, однако А.И. Лейпунский последовательно отстаивал их энергетическое будущее. Показателен исторический эпизод, описанный его учениками, когда министр Е.П. Славский, поддерживая позицию ученого, весьма ненормативной лексикой объяснял некоторым руководителям, что Министерство обойдется без этого плутония, а новый реактор БН-800 должен прежде всего быть энергетическим [2]. Этот момент наглядно демонстрирует, как научная убежденность в сочетании с административной поддержкой позволила сохранить верное стратегическое направление.

Ученики и последователи А.И. Лейпунского воплотили его идеи в жизнь. Реакторы БН-350 в г. Шевченко и БН-600 на Белоярской АЭС стали не просто экспериментальными установками, а мощными промышленными объектами, подтвердившими надежность и безопас-

ность технологии быстрых натриевых реакторов. Опыт их эксплуатации лег в основу проектов современных энергоблоков БН-800 и БН-1200.

Таким образом, заложенные А.И. Лейпунским основы физики и техники быстрых реакторов определили вектор развития атомной энергетики России на десятилетия вперед, обеспечив лидерство нашей страны в этой стратегически важной области.

Библиографический список

1. Из истории работ ФЭИ по созданию быстрых реакторов: сборник избранных научных работ / Предприятие госкорпорации "Росатом" Гос. научный центр Российской Федерации - Физ.-энергетический ин-т им. А. И. Лейпунского; [сост. А. П. Иванов и др.]. – Обнинск: ГНЦ РФ ФЭИ, 2011. – 157 с.
2. Кочетков, Л. А. Из истории создания БН-600 / Л. А. Кочетков, В. М. Поплавский, М. Ф. Троянов // Известия высших учебных заведений. Ядерная энергетика. – 2011. – № 1. – С. 27-31.

УДК 621.039.586

БОГОМОЛОВ Д.Е., КРЕСОВ Д.Г., КНЯЗЬКИН Д.В., САЛАМОВ Н.А.

МЕТОД ВЫБОРА КОМПРОМИССНОГО РЕАЛИСТИЧЕСКОГО СЦЕНАРИЯ МОДЕЛИРУЕМОЙ ЗАПРОЕКТНОЙ АВАРИИ НА РЕАКТОРНОЙ УСТАНОВКЕ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ АНАЛИЗА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ

АО «ОКБМ Африкантов»

Обоснование безопасности ядерных реакторных установок в условиях запроектной аварии по нормативным требованиям должно сопровождаться анализом неопределенностей полученных результатов. При этом анализ безопасности запроектных аварий должен проводиться при реалистическом подходе.

При реалистическом анализе по результатам многовариантных расчетов для критериальных параметров обычно получают статистическую трубку неопределенности и среднюю медианную, либо среднюю арифметическую кривую. На практике требуется выбрать один физически реализуемый расчетный вариант (сценарий), пригодный для последующего инженерного анализа. В настоящее время наиболее распространен подход выбора такого сценария экспертным путем, с последующей минимальной проверкой его схожести со средней медианной, либо средней арифметической кривой. Такой подход не гарантирует существование физически целостной полной траектории, соответствующей усредненному поведению параметров в ходе режима.

Предлагается учитывать как статистическую, так и критериальную составляющую анализируемого параметра для выбора физически реализуемого сценария запроектной аварии из готового ансамбля многовариантных расчетов.

Цель работы – разработка подхода к выбору компромиссного реалистического сценария аварийного режима из ансамбля многовариантных расчетов.

В качестве первой реперной кривой предлагается использовать среднюю медианную кривую, построенную по медианным точкам для каждого момента времени протекания динамического режима. В качестве второй реперной кривой предлагается использовать одну из кривых ансамбля, содержащую медианную точку, выбранную среди точек наиболее близких

к критерию безопасности (например, среди максимумов по критерию давления). Далее эта реперная кривая не участвует в выборе компромиссного сценария в качестве кандидата.

Для соотнесения кривых предлагается учитывать не только классические метрики общей оценки совпадения, но и учет формы, временного сдвига, локальность экстремумов и динамику процесса.

Таким образом, в общем случае формируется многокритериальная задача, где критериями выступает близость к двум реперным кривым, а подкритериями оцененные количественные метрики сравнения.

Для проверки стабильности решения многокритериальной задачи используются методы, относящиеся к разным классам: *SAW*, *TOPSIS*, *VIKOR*, *WPM*, *GRA*, *PROMETHEE*2, *ELECTRE*2. При этом для каждого расчетного варианта из анализируемого ансамбля определяются его ранг (качественное сравнение) и рейтинг (количественное сравнение). Следуя международной практике, решение многокритериальной задачи рекомендуется сопровождать вероятностной оценкой его чувствительности к выбираемым весам критериев и подкритериев.

Предложенный метод апробирован на гипотетической запроектной аварии на перспективной реакторной установке малой мощности.

УДК 621.039

БЫЧКОВ Т. Д., НУЖНОВ Е.А., САТАЕВ А.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ АКУСТИКИ КАВИТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ЦЕНТРОБЕЖНОМ НАСОСЕ

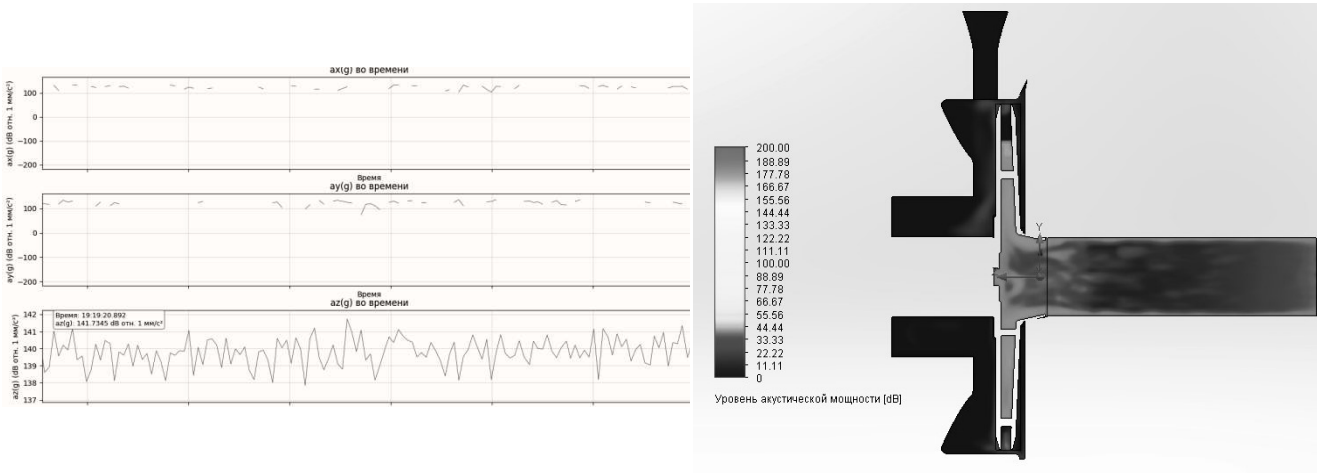
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Одной из ключевых задач при эксплуатации насосного оборудования является обеспечение требуемых виброакустических характеристик. Повышенный уровень акустической мощности и давления преимущественно возникают из-за вибрации корпуса насоса. Вибрация – естественное явление при работе циркуляционных агрегатов, но кратное возрастание амплитуды виброперемещений свидетельствуют о кавитационном режиме работы, который недопустим для долговременного и бесперебойного функционирования, например, для энергетических установок. Анализ виброакустических процессов сочетает экспериментальные методы диагностики с численным моделированием, что позволяет не только констатировать текущее техническое состояние, но и прогнозировать акустический эффект на этапе проектирования.

Целью работы является сопоставление экспериментальных данных с результатами численного моделирования.

Экспериментальные данные получены с трёхосевого акселерометра. Аналитически произведено виброакустическое преобразование в соответствии с ГОСТ 30457.3-2006, получена акустическая мощность (SoundPowerLevel, далее SWL), сформирован сплошной спектр SWL. Параллельно с этим, по снятым параметрам давлений на входе и выходе рабочего колеса с конечно-элементной моделью насосного агрегата выполнен акустический анализ в расчётном коде.

На рис. 1 представлен спектр акустической мощности, полученный из интенсивности вибрации и смоделированное в CFDCADFlo распределение SWL, при параметрах в одинаковый промежуток времени проводимого эксперимента.



(а) (б)

Рис. 1. Сплошной спектр SWL (*а*) и значения акустической мощности (*б*) в CFD

Ожидаемые результаты состоят в совпадении амплитудных значений SWL с дальнейшим учётом погрешностей экспериментально полученных данных и преобразованных величин с неявной зависимостью.

---

1. ГОСТ 30457.3-2006 (ИСО 9614-3:2002). Межгосударственный стандарт. Акустика. Определение уровней звуковой мощности источников шума по интенсивности звука. Часть 3. Точный метод для измерения сканированием [Текст]. – Введ. 2007-10-01. – М.: Стандартинформ, 2007. – 27 с.

УДК 621.039.5:681.5

ВОЛЬНИКОВ И.М., ДЕМАШОВ А.С., ДИДЕНКО В.В., ХОХЛОВ В.Н.

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ ВВЭР НА ОСНОВЕ ЦИФРОВЫХ АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Система управления и защиты (СУЗ) является важнейшей системой безопасности АЭС, обеспечивающей контроль цепной ядерной реакции и поддержание реактора в подкритическом состоянии. Штатные аналоговые и аналогово-цифровые комплексы СУЗ, эксплуатируемые на энергоблоках с ВВЭР-1000 и ВВЭР-440, имеют ограниченные функциональные возможности по обработке сигналов, диагностике неисправностей и адаптации к изменяющимся режимам работы. Переход к полностью цифровым системам с применением современных алгоритмов обработки данных позволяет повысить надежность, помехозащищенность и быстродействие СУЗ без изменения физики активной зоны [1, 3].

Цель: оценка эффективности внедрения цифровых алгоритмов обработки сигналов в СУЗ ВВЭР на основе опыта эксплуатации.

Основные положения

1. Структурные ограничения штатных систем СУЗ. В существующих комплектах аппаратуры СУЗ (например, «Протон», «Калибр») используется аналоговая обработка сигналов от блоков детектирования (БД) с диапазоном регистрации плотности потока нейтронов до 7–8 де-

сятичных порядков. Погрешность измерения реактивности в переходных режимах достигает 5–7%, а время срабатывания аварийной защиты (АЗ) при дублировании каналов составляет 0,3–0,5 с без учета логической обработки сигналов [1, 2].

Цифровые методы обработки сигналов. Разработки НИИЭФА им. Д.В. Ефремова и НИЦ «Курчатовский институт» в области цифровой СУЗ (ЦСУЗ) основаны на:

- цифровой фильтрации сигналов ионизационных камер с подавлением сетевых помех (50 Гц) на 40–60 дБ;
- автоматической коррекции дрейфа нуля и чувствительности трактов;
- измерении реактивности методом решения обратных уравнений кинетики в реальном времени (погрешность снижена до 1–2%) [2, 4].

3. Результаты внедрения. На энергоблоках Калининской и Ростовской АЭС (ВВЭР-1000) достигнуто: снижение ложных срабатываний АЗ на 40%, сокращение времени реакции до 0,1 с, уменьшение регламентного обслуживания на 25–30% [1, 4].

Вывод: Внедрение цифровых алгоритмов обработки сигналов в системы управления и защиты ВВЭР обеспечивает повышение точности измерения реактивности (с 5–7% до 1–2%), сокращение времени срабатывания АЗ (до 0,1 с) и снижение ложных срабатываний на 40%. Накопленный опыт эксплуатации на энергоблоках Калининской и Ростовской АЭС подтверждает эффективность модернизации и создает основу для полной замены аналоговых комплексов СУЗ на цифровые при продлении ресурса действующих блоков и сооружении новых.

Библиографический список

1. Овчинников Ф.Я. и др. Системы управления и защиты ядерных реакторов ВВЭР – 2021. – 45-53 с.
2. Беляев В.Н. и др. Цифровые алгоритмы обработки сигналов в СУЗ – 2020. – 112-123 с.
3. Кузнецов И.А. и др. Повышение надежности СУЗ АЭС на основе цифровых технологий – 2022. – 34-44 с.
4. Сидоренко В.А. и др. Опыт модернизации СУЗ на действующих энергоблоках с ВВЭР – 2023. – 147-154 с.

УДК 621.039.7:66.061

ВОЛЬНИКОВ И.М., ДЕМАШОВ А.С., ДИДЕНКО В.В., ХОХЛОВ В.Н.

ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ РЕАЛИЗАЦИИ РОССИЙСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ ФРАКЦИОНИРОВАНИЯ МИНОРНЫХ АКТИНИДОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Стратегия развития ядерной энергетики России до 2050 года предусматривает создание замкнутого ядерного топливного цикла (ЗЯТЦ). Ключевым звеном является переработка отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) с выделением минорных актинидов (МА) – нептуния, америция, кюрия, обусловливающих долгосрочную радиотоксичность высокоактивных отходов (ВАО) в интервале от 300 до 10 000 лет. Россия обладает уникальными технологическими разработками в области фракционирования МА, проходящими опытно-промышленную апробацию на Горно-химическом комбинате (ГХК, г. Железногорск) [1, 4].

Цель: проанализировать результаты опытно-промышленной реализации российских технологий фракционирования минорных актинидов и оценить достигнутые показатели эффективности.

Основные положения

1.Технологическая база. Основой для выделения МА стал ГМ-процесс (гидрометаллургический) с использованием отечественного экстрагента ТОДГА (N,N,N',N'-тетраоктилдигликольамид), разработанный Радиевым институтом им. В.Г. Хлопина. Характеристики ТОДГА:

- коэффициенты распределения америция D_Am = 30–50 при 2–4 моль/л HNO_3;
- коэффициенты очистки от РЗЭ 500–1000;
- радиационная стойкость: при дозе $5 \cdot 10^5$ Гр снижение экстракции ≤15% [2, 3].

2. Результаты опытно-промышленной эксплуатации на ГХК (2016–2022 гг.):извлечение америция из рафинатов PUREX-процесса – 99,5–99,8%;содержание америция в остеклованных ВАО снижено с 0,6 кг/т до <0,01 кг/т;объем ВАО на долговременное хранение сокращен на 30–35% [4].

3. Экологические преимущества. Фракционирование позволяет:

- снизить период потенциальной опасности ВАО с миллионов до 300–500 лет;
- исключить создание дорогостоящих глубоких геологических хранилищ для высокотемпературных отходов [3, 4].

Вывод. Российские технологии фракционирования минорных актинидов, реализованные на опытно-демонстрационном центре ГХК, достигли показателей извлечения Am на уровне 99,5–99,8%, что соответствует мировому уровню и обеспечивает практическую реализацию ЗЯТЦ. Накопленный опыт эксплуатации подтверждает работоспособность выбранных экстракционных систем (ТОДГА) и позволяет переходить к проектированию промышленного производства мощностью до 250 т ОЯТ в год. Дальнейшее развитие направления связано с оптимизацией процессов трансмутации выделенных МА в быстрых реакторах и отработкой технологий изготовления топлива, содержащего америций.

Библиографический список

1. Адамов Е.О. и др. Стратегия развития ядерной энергетики России на основе замкнутого ядерного топливного цикла – 2020. – 195-203 с.
2. Ревенко Ю.А. и др. Экстракционное фракционирование высокоактивных отходов при переработке отработавшего ядерного топлива – 2019. – 193-208 с.
3. Крот Н.Н., Шадрин А.Ю. Исследование радиационной стойкости экстрагентов для фракционирования минорных актинидов – 2021. – 45-59 с.
4. Иванов В.Б. и др. Опытно-промышленная отработка технологий фракционирования минорных актинидов на Горно-химическом комбинате – 2022. – 23-34 с.

УДК 621.039:678.7

ВОЛЬНИКОВ И.М., ДЕМАШОВ А.С., ХОХЛОВ В.Н.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ УГЛЕВОЛОКОННЫХ КОМПОЗИТОВ В АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Эволюционное развитие атомной энергетики требует перехода к материалам нового поколения, способным обеспечить повышенную устойчивость к запроектным авариям. Традиционные циркониевые оболочки тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов) являются источником генерации водорода при высокотемпературном окислении паром. Углеволоконные

композиты (УВК), в частности материалы с углеродной (C/C) и керамической (C/SiC) матрицей, обладают свойствами, кардинально меняющими подходы к конструированию активных зон [1].

Цель: обосновать потенциальное применение высокотемпературных УВК для ключевых элементов активной зоны реактора на основе анализа их физико-механических и эксплуатационных характеристик в сравнении с существующими материалами.

Основные положения

1. Оболочки ТВЭЛов на основе C/C-композитов. Материалы типа УКН-500/ПМ или аналоги демонстрируют [1, 2]:Предел прочности при растяжении до 1200 МПа.Модуль упругости до 250 ГПа.Термостойкость в инертной среде до 2800°C (процесс сублимации).Коэффициент теплового расширения $(0.5–1.2)\cdot10^{-6}$ K^{-1}.

Ключевое преимущество: Отсутствие реакции окисления с паром при высоких температурах. В отличие от циркалоя, который при температуре >1200°C вступает в экзотермическую реакцию $Zr + 2H_2O \rightarrow ZrO_2 + 2H_2\uparrow$ с интенсивным выделением водорода, углерод окисляется медленно по пассивному механизму [1, 4].

2. Рабочие колеса ГЦН из полимерных УВК. Для деталей, работающих вне зоны интенсивного нейтронного потока, перспективны композиты типа УКМ-900/ЭП [3]:Снижение массы вращающихся частей на 60–70%.Предел выносливости при циклическом нагружении не менее 450 МПа (для стали 12Х18Н10Т – ~350 МПа).Снижение момента инерции позволяет сократить время выхода насоса на номинальный режим на 15–20%, повышая гибкость управления и безопасность [4].

3. Проблема матрицы. Для активной зоны неприменимы полимерные матрицы (радиационная стойкость не превышает 10^6–10^7 Гр). Решение – использование C/C- и C/SiC-композитов [2, 3].

Вывод. Переход на высокотемпературные УВК для оболочек ТВЭЛов и ответственных узлов оборудования АЭС представляет собой качественный скачок в обеспечении пассивной безопасности и эффективности. Направлением дальнейших исследований является отработка технологий создания герметичных и радиационно-стойких оболочек из C/C- и C/SiC-композитов [1, 2, 4].

Библиографический список

1. Алехин С.В., Булыгин В.И., Дементьев В.И. Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение – 2010. – 3-15 с.
2. Конобеев Ю.В., Стрельников Д.Н., Юргенсон Г.А. Перспективные материалы – 2018. Каблов Е.Н., Старцев О.В., Медведев А.М. Авиационные материалы и технологии – 2017.
3. Рождественский В.В., Соколов Л.А. Труды ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова – 2019. – №68.

УДК 621.039.58

ЛОШАК Д.Д., СТЕКЛОВ А.С., ГОРБУНОВ П.А., АНИКИН Н.А.

ОСОБЕННОСТИ АВАРИЙНОГО РЕАГИРОВАНИЯ И ПЛАНИРОВАНИЯ ДЛЯ ПЛАВУЧИХ АТОМНЫХ ЭНЕРГОБЛОКОВ

АО «ОКБМ Африкантов»

Работа как атомных ледоколов, так и плавучих энергоблоков с ядерными установками связана с рисками возникновения ядерной и радиационной аварии на всех этапах жизненного цикла судна: с момента загрузки топлива в реактор до момента утилизации отработавшего

ядерного топлива. Это делает проблему обеспечения плана аварийной готовности и реагирования на подобного типа объектах приоритетной. Кроме того, одним из этапов жизненного цикла плавучих энергоблоков (далее – ПЭБ) является нахождение в порту. Порт может быть, как временной точкой базирования ПЭБ, так и постоянной площадкой размещения, и к нему выдвигаются уже отдельные требования с точки зрения аварийного реагирования.

Ледоколы и ПЭБ эксплуатируются сейчас только в РФ, но Госкорпорация «Росатом» уже занимается разработкой проекта ПЭБ для зарубежного рынка, в связи с чем существует потребность в подготовке портов к размещению ПЭБ. В других странах также ведутся разработки проектов с ядерными энергетическими установками на борту: ПЭБ BANDI-60S (Kepco E&C, Южная Корея), самоходный контейнеровоз с ядерной энергетической установкой KUN-24AP (JiangnanShipyard, Китай), многофункциональное судно UlsteinThor (Ulstein, Норвегия) с реактором мощностью 20 МВт и др. Разработчики заявляют, что обосновывают важность разработки планов аварийной готовности и реагирования (АГР) и требований к портам.

Референтным проектом с технической и нормативной точки зрения служит запущенный в 2020 г. ПЭБ «Академик Ломоносов» с двумя реакторными установками (далее – РУ) КЛТ-40С. В проекте ПЭБ-100, предназначенном для зарубежного рынка, используется РУ РИТМ-200М. Установки типа РИТМ сейчас эксплуатируются на универсальных атомных ледоколах «Арктика», «Сибирь», «Урал», «Якутия». В Российской Федерации существует фиксированный список подходящих портов, предназначенных для захода судов с ядерной энергетической установкой, которые отвечают требованиям плана АГР. В РФ, с учетом существующего опыта, разработаны планы аварийной готовности и реагирования в своих портах и требования к таким портам.

В требованиях Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) указана главная цель АГР [1] – восстановить контроль над ситуацией и смягчить последствия от аварии и спасти жизни людей, однако требования к АГР в портах с учетом судовой специфики отсутствуют. При реализации проектов ПЭБ за рубежом уже сейчас в двустороннем межправительственном соглашении могут быть зафиксированы требования к порту страны размещения в том же объеме, в котором они предъявляются к портам РФ. При этом для широкого распространения ПЭБ необходим многосторонний международный консенсус в отношении АГР в портах. Разработка международных требований может быть инициирована как на площадке МАГАТЭ, так и Международной морской организации.

Таким образом, с учетом того, что ПЭБ может эксплуатироваться в порту за рубежом, такой порт должен быть готов к размещению и приёму ПЭБ, как технически, так и нормативно. В создании международного руководства для подготовки портов можно опираться на опыт создания существующей нормативной базы РФ в создании санитарных правил, федеральных норм и правил, а также существующие основополагающие рекомендательные документы МАГАТЭ.

---

1. Общие требования безопасности «GSR Part 7: Готовность и реагирование в случае ядерной или радиологической аварийной ситуации» / Международное агентство по атомной энергии. // Вена. 2016 – 160 с. – URL: https://nucleus.iaea.org/sites/committees/Policy%20Documents/Complete%20Collections%20of%20Safety%20Standards/Complete%20collection%20Russian/GSR%20Part%207%20RU.pdf (дата обращения: 31.03.2026)

УДК 621.039

МАМБВЕ М.М., АНДРЕЕВ В.В.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОЙ КРИВОЙ В S-КР ТЕПЛООБМЕННИКЕ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В работе представлен обобщённый аналитический метод прогнозирования кривой гидравлического сопротивления ζ(Re) для воды при 21°C в S-КР теплообменнике на основе литературных данных по сложным циркуляционным контурам [1-2]. Прогноз следует экспоненциальному закону: $\zeta = 4{,}59e^{-0{,}0108}\cdot\mathrm{Re} + 1{,}457$, асимптотически приближаясь к ζ ≈ 0,02 при больших числах Рейнольдса. Критическое число Рейнольдса (критерий 90% завершения перехода) составляет $Re_{\text{кр}} \approx 1800–2500$, что близко к классическому значению 2300 [3].

Оценка погрешности дала абсолютные ошибки при Re = 250, 500 и 2500: –0,04, –0,15 и +0,20; относительные ошибки: –0,94%, –4,76% и +8,70%. Средняя абсолютная ошибка (САП) = 0,13, среднеквадратическая ошибка (СКО) = 0,146, что указывает на приемлемую точность. Для предварительных инженерных расчётов с допустимой погрешностью ±10% метод надёжен. Высокоточные приложения, требующие ±5%, должны учитывать завышение на 8,7% при Re = 2500. Метод является практическим инструментом для балансировки теплоотдачи и перепада давления в трубчатых теплообменных системах.

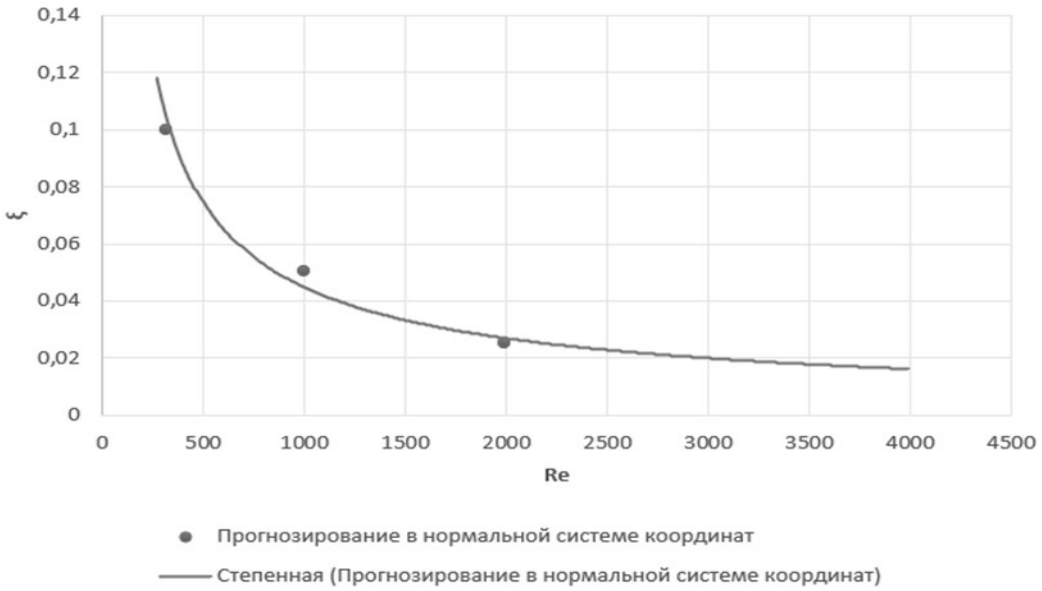


Рис. 1. Прогнозируемая кривая гидравлической характеристики для S-КР с водой в качестве рабочей жидкости при 23°C (Источник: составлено авторами)

Библиографический список

1.Андреев, В.В., Самойлов, А.М., Тарасова, Н.П., Андреева, О.В., Никулина, А.М. Анализ обобщенных параметров гидравлические характеристики // Научно-технический вестник Поволжья. - 2023. - № 11. - С. 143-145.

2. Сравнительный анализ гидравлического сопротивления малых трубчатых S-образных теплообменников / М. М. Мамбве, В. В. Андреев, А. М. Самойлов, П. Нкурунзиза // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2026. – Т. 27, № 2(307). – С. 93-96.

3. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / И.Е. Идельчик.; под ред. М.О. Штейнберга. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1992. – 671 с.

УДК 621

НАХИМАНА П.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ МАЛОЙ МОЩНОСТИ В РАЗВИВАЮЩИХСЯ СТРАНАХ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Развитие атомных станций малой мощности (АСММ) является одним из ключевых направлений трансформации современной мировой энергетики, обусловленным необходимостью перехода к устойчивым, низкоуглеродным и экономически гибким источникам энергии. В условиях глобального энергоперехода и роста энергопотребления особую значимость приобретают малые модульные реакторы (SMR), обладающие рядом принципиальных преимуществ по сравнению с традиционными крупными атомными электростанциями. К числу таких преимуществ относятся модульность конструкции, высокая степень заводской готовности, возможность серийного производства, применение пассивных систем безопасности.

Актуальность внедрения АСММ особенно высока для развивающихся стран, где наблюдается устойчивый рост спроса на электроэнергию, сопровождающийся ограниченными возможностями энергетической инфраструктуры. В этих условиях SMR рассматриваются как эффективный инструмент обеспечения энергетической доступности, повышения надёжности энергоснабжения и снижения зависимости от импорта ископаемого топлива. В отличие от крупных АЭС, требующих значительных капитальных вложений и длительных сроков строительства, АСММ позволяют реализовывать проекты с меньшими инвестиционными рисками и более коротким циклом ввода в эксплуатацию.

Современные проекты SMR демонстрируют высокий уровень технологической проработки и разнообразие инженерных решений. В частности, интегральная компоновка реакторной установки, реализованная в таких проектах, как NuScale, BWRX-300 и ACP100, предполагает размещение ключевых элементов первого контура в едином корпусе, что повышает уровень безопасности и снижает вероятность аварийных ситуаций. Существенным преимуществом является использование пассивных систем отвода остаточного тепла, функционирующих на основе естественных физических процессов без необходимости внешнего энергоснабжения [1].

Мировой опыт разработки и внедрения АСММ показывает, что наиболее активное развитие данного направления осуществляется в странах с развитой ядерной инфраструктурой. США, Китай, Россия, Южная Корея и ряд других государств реализуют собственные программы создания SMR, ориентированные как на внутренние, так и на экспортные рынки. При этом технологии находятся на стадии перехода от демонстрационных проектов к ограниченному коммерческому применению, что свидетельствует о формировании нового сегмента глобального энергетического рынка.

Дополнительным перспективным направлением развития атомных станций малой мощности является их использование в качестве основы для формирования энергоинфраструктуры в рамках концепции «умных» энергетических систем (smartenergysystems). В таких системах SMR могут выступать не только как источники базовой генерации, но и как регулируемые элементы, обеспечивающие баланс нагрузки в условиях цифровизации энергетики и внедрения интеллектуальных сетей (smartgrid). Интеграция АСММ с системами накопления энергии, цифровыми платформами управления и распределённой генерацией позволяет повысить эффективность функционирования энергосистем, снизить потери при передаче электроэнергии и обеспечить более гибкое реагирование на изменения спроса.

В условиях ограниченных финансовых и технологических ресурсов развивающиеся страны заинтересованы в комплексных решениях, включающих не только поставку реакторных установок, но и сопровождение проектов на всех этапах их жизненного цикла – от проектирования и лицензирования до эксплуатации и вывода из эксплуатации. В этой связи

формируются новые модели взаимодействия, такие как «build-own-operate» (BOO) и «energy-as-a-service», предполагающие участие технологически развитых стран и международных корпораций в реализации энергетических проектов. Расширение таких форматов сотрудничества способствует снижению инвестиционных рисков, ускорению внедрения технологий и формированию устойчивых энергетических партнёрств на глобальном уровне [2].

Рассмотрены основные проекторы маломощных и модульных реакторов, реализуемые как в России, так и за рубежом.

Представлены работающие и строящиеся установки, а также находящиеся на различных этапах проектирования. Их дальнейшее распространение зависит от формирования серийного производства, совершенствования нормативно-правовой базы и расширения международного сотрудничества. В долгосрочной перспективе SMR могут стать элементом глобальной энергетической системы, обеспечивая баланс между экономической эффективностью, экологической безопасностью и энергетической независимостью государств.

Библиографический список

1. Эверстова, Н.Н. Анализ внедрения атомной станции малой мощности в условиях Арктики // Молодой ученый. – 2026. – № 14 (617). – С. 104-108.
2. Сиделин, В.Э. Атомные станции малой мощности // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В. Г. Шухова, посвященная 300-летию Российской академии наук. – 2022. – № 4. – С. 531–536.

УДК 621.039

НУЖНОВ Е.А., БЫЧКОВ Т.Д., САТАЕВ А.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ КАВИТАЦИИ В ЦЕНТРОБЕЖНОМ НАСОСЕ МЕТОДОМ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ГИДРОДИНАМИКИ

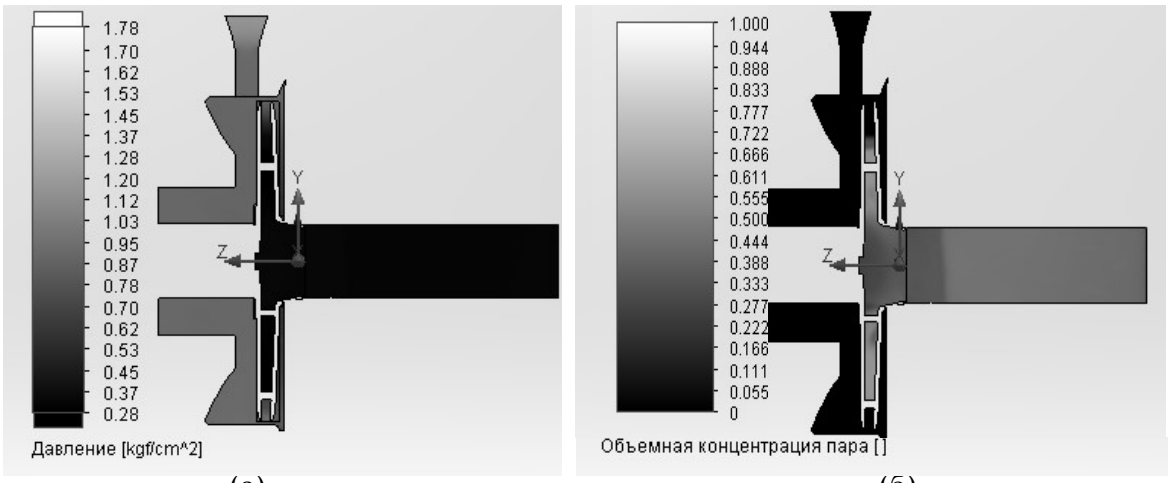
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В области гидродинамики циркуляционных насосов, эксплуатируемых в составе энергетических установок, ключевой научно-технической проблемой продолжает оставаться явление кавитации. Данный процесс характеризуется возникновением и последующим разрушением парогазовых пузырьков в зонах локального снижения гидростатического давления. Развитие кавитации сопряжено с комплексом негативных эксплуатационных эффектов, включая эрозионное разрушение проточных частей, генерацию вибрационных нагрузок, а также наступление кавитационного срыва, сопровождающегося критическим снижением энергоэффективности и напорных характеристик агрегата.

Целью работы является: наблюдение явления кавитации во входном трубопроводе и определение физических параметров рабочей среды.

Для исследования кавитации была разработана математическая модель центробежного насоса при помощи программного обеспечения – CADFlo, интегрированный в CAD-программу КОМПАС-3D, а также, в качестве граничных условий были использованы результаты реального эксперимента: показания расходометра (объёмный расход) и показания манометра (давление на выходном трубопроводе).

На рис. 1 приведены полученные в результате CFD– расчёта картины давления и объёмной концентрации пара. Из рис. 1 видно, что объёмная концентрация пара во входном трубопроводе достигает значения 0,7, при давлении порядка 0,28 кгс/см^2, что свидетельствует о возникновении явления кавитации. В рабочем колесе можно наблюдать практически полное заполнение межлопастного пространства паром, что негативно сказывается на работе циркуляторов.



(а) (б)

Рис. 1. Картины давления (а) и объёмной концентрации пара (б) в сечении насоса

Математическая модель позволяет произвести расчёт параметров, необходимых для обеспечения бескавитационной работы агрегата. Определение этих параметров играет значимую роль в проектировании энергетических установок.

---

1. Смородов Е. А. Физика и химия кавитации / Е. А. Смородов, Р. Н. Галиахметов, М. А. Ильгамов. – Москва: Наука, 2008. – 225 с.

УДК 621.039

ТРОФИМОВ М.А., САТАЕВ А.А.

ВЛИЯНИЕ АКУСТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ТЕПЛООБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ОБОРУДОВАНИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время ядерная энергетика является одной из самых развивающихся отраслей человеческой деятельности. Современные проекты, решения и ноу-хау направлены на оптимизацию энергетических процессов, массогабаритных показателей реакторных установок (РУ) и так далее. В основном решения принимаются относительно первого контура и паротурбинной установки, однако вспомогательные контуры также требуют внимания и проработок, так как в той же мере, что и основные, влияют на безопасность и устойчивость установки.

Настоящее исследование направлено на изучение влияния акустических волн на теплообменные процессы в простейших теплообменниках. К стенду, представляющему собой коаксиально расположенные, друг относительно друга, каналы разных диаметров, прикреплялись излучающие головки с частотами 28 и 40 КГц. Согласно сведениям из литературы [1-2], акустическое излучение, как и многие другие внешние воздействия на теплообменное оборудование, разрушают тепловой пограничный слой (либо делают толщину значительно меньше). Это важное свойство, поскольку именно в описываемом участке теплообменной поверхности и происходят основные потери тепла.

В ходе экспериментов сравнивались не только различные частоты, а также различные расходы и режимы течения теплоносителя. Расход теплоносителя определялся числом Рейнольдса и в исследовании изучались $Re = 1 \cdot 10^4$ и $Re = 4{,}1 \cdot 10^4$. В качестве сравнительного параметра вычислялся средний по теплообменнику коэффициент теплоотдачи.

Таблица 1

Полученные экспериментальные данные

Режим течения	Прямоток		Противоток	
Расход теплоносителя, л/мин / Наличие у/з колебаний	$1 \cdot 10^4$	$4{,}1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^4$	$4{,}1 \cdot 10^4$
Без излучателя	938,78	1079,45	1100,4	1126
Излучающая головка на 28 КГц	1179,11	2085	1720,7	2606,4
Излучающая головка на 40 КГц	1369,7	2040	1153,9	1043

В результате исследования мы выяснили, что наиболее эффективно себя показывает головка на 28 КГц в условиях турбулизированного потока при противоточном течении теплоносителей. Использование подобных устройств в теплобменном оборудовании вспомогательных контуров может позволить интенсифицировать теплоотдачу, не являясь оборудованием с большими габаритами и высокой стоимостью.

Библиографический список

1. **Климец Д.А.** Исследование воздействий ультразвуковых колебаний на процессы теплообмена в пластичном теплообменнике / г. Вологда, Вологодский государственный университет: «Вестник науки и творчества», 33 – 36с.
2. **Белявский Я.Д.** Влияние звука на теплоперенос в газах // Техническая акустика. – Электрон. журн. – 2014.

УДК 621.039.534

ТУМАЕВА С.Е., ХОХЛОВ В.Н.

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ ПРОТЕЧЕК ПАРОГЕНЕРАТОРОВ АЭС

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Парогенератор является ключевым элементом двухконтурной схемы АЭС с реакторами типа ВВЭР. Первый (радиоактивный) контур отдает тепловую энергию через поверхность теплообмена воде второго контура. Контроль герметичности парогенераторов, то есть отсутствие прямого перетока теплоносителя из первого контура во второй, на энергоблоках осуществляется двумя основными методами: оперативным и лабораторным.

Основным индикатором оперативного контроля протечек является радионуклид азот-16, образующийся в результате реакции активации: нейтроны, испускаемые активной зоной, воздействуют на ядра кислорода, входящего в состав молекулы воды Система контроля протечек по активности азота-16 (СКП ПГ) является автоматической индикаторной системой непрерывного действия, основанной на измерении объёмной активности короткоживущего изотопа N-16 (период полураспада ~6,11 с) в остром паре.

Основным недостатком существующего метода является зависимость показаний от места возникновения неплотности и текущей мощности реакторной установки, что обуслов-

лено малым временем транспорта радионуклида. Система эффективно фиксирует динамику развития дефекта на ранних стадиях, но при протечках свыше 0,5 кг/ч погрешность может превышать 50%. Лабораторный метод базируется на сравнительном анализе удельных активностей реперных радионуклидов (I-131, I-132, I-133, I-134, I-135, Na-24, K-42) в первом и втором контурах. Метод применяется при стационарных режимах (колебания мощности не более ±5% в течение трёх суток), а при нестационарных режимах допускается индикаторный контроль по короткоживущим изотопам йода.

Эксплуатационные пределы регламентированы: предел протечки составляет ≤4 кг/ч. Анализ данных (на примере энергоблока №3 Балаковской АЭС) показывает, что при микропротечках (менее 0,1 кг/ч) данные СКП ПГ слабо согласованы с лабораторными результатами, однако при значениях от 0,5 кг/ч сходимость улучшается, но показания СКП ПГ характеризуются высокой зашумленностью. Была выявлена систематическая проблема: при переходе между диапазонами мощности (например, со 104% до 98%) алгоритм СКП ПГ, использующий кусочно-линейные корректирующие коэффициенты, генерирует искаженные скачки расчётной величины протечки. Это явление не соответствует реальному изменению герметичности и создает ложные сигналы для оперативного персонала. Коррекция коэффициентов требует не менее трёх лабораторных измерений в стационарном режиме.

Для повышения надёжности и точности непрерывного контроля предлагается комплексная оптимизация: 1) алгоритмическая фильтрация шумов (фильтр Калмана) для формирования читаемого тренда; 2) использование в лабораторном методе не менее 4–5 реперных радионуклидов; 3) разделение функций: СКП ПГ – раннее обнаружение и индикация динамики, лабораторный метод – периодическое количественное подтверждение.

Библиографический список

1. Семченков Ю. М. Анализ опыта эксплуатации системы контроля протечек парогенераторов по активности азота-16 на энергоблоках с реакторами ВВЭР-1000 / Ю. М. Семченков // Атомная энергия. – 2019. – Т. 126, № 2. – С. 97–102.
2. Балаковская АЭС. Отчет о безопасности энергоблока № 3. Том 5. Системы контроля и управления : 252-ОБ-3-Т5 : утв. АО «Концерн Росэнергоатом» 15 дек. 2015 г. – Балаково : Балаковская АЭС, 2015. – 210 с.

УДК 621

УЛЫБИН Д.И., ДЕМАШОВ А.С., НУЖНОВ Е.А., ПЛАКСИН Е.А., ХОХЛОВ В.Н.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОЛЛЕКТРОВ ПАРОГЕНЕРАТОРА, ИЗГОТОВЛЕННЫХ МЕТОДОМ МУЛЬТИМАТЕРИАЛЬНОЙ 3Д-ПЕЧАТИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Коллекторы парогенератора определяют гидравлические потери в контуре. Мультиматериальная 3D-печать позволяет создавать детали с улучшенными теплофизическими свойствами, однако их гидравлическое сопротивление изучено недостаточно. Цель работы – экспериментальное определение коэффициентов гидравлического сопротивления (КГС) модельных коллекторов из стали 03Х17Н14М3 и биметалла сталь+медь в сравнении с традиционной сталью.

Исследованы три типа образцов: №1 – монолитный коллектор из нержавеющей стали 12Х18Н10Т (традиционная технология, Δ=0,05 мм); №2 – полностью напечатанный из стали 03Х17Н14М3 (метод SLM); №3 – биметаллический (метод SLM, сталь+медь). Испытания

проведены на гидравлическом стенде (вода, 20±1°C, Re=2000…25000). КГС рассчитан по методике [1]. Из рис. 1 видно, что 3D-печать приводит к росту сопротивления ζ_2 на 23–19% выше ζ_1 из-за повышенной шероховатости (Ra~25 мкм против ~2 мкм), что согласуется с [2]. Биметаллический образец ζ_3 занимает промежуточное положение: на 5–8% выше ζ_1 (вследствие остаточной микронеровности, передающейся от стальной основы через медный слой), но на 15–17% ниже ζ_2 благодаря пониженной шероховатости медного покрытия [3].

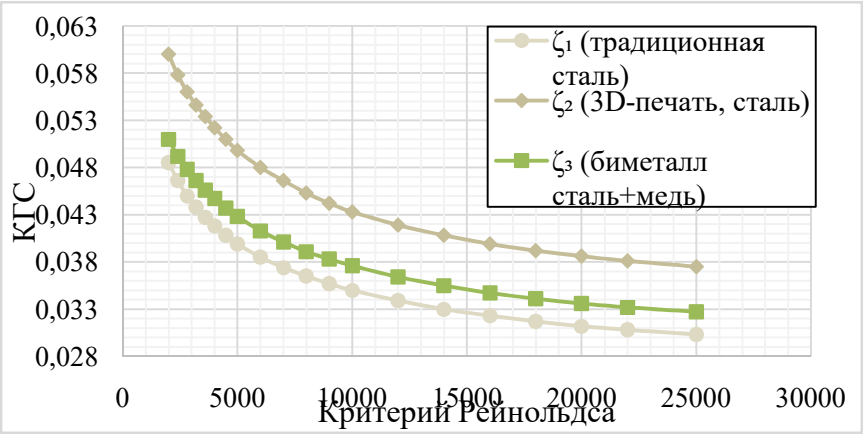


Рис. 1. Зависимость удельного коэффициента гидравлического сопротивления ζ от числа РейнольдсаRe для трёх типов коллекторов: 1 – традиционная сталь (12Х18Н10Т), 2 – 3D-печать (сталь 03Х17Н14М3), 3 – биметалл сталь + медь

Библиографический список

1. Идельчик И.Я. Гидравлическое сопротивление. – Москва: Энергоатомиздат, 1992. – 368 с.
2. Chen J.H., Yang Y.F., Lam L., Zeng M., Ma T., Tam L.M., Ghajar A.J. Experimental investigation of heat transfer and pressure drop characteristics for vertical downflow using traditional and 3D-printed mini tubes // Journal of Enhanced Heat Transfer. 2023. Vol. 30, № 4. P. 69–82. DOI: 10.1615/JEnhHeatTransf.2023046983.
3. Department of Science and Technology (DST), Govt. of India. Novel bi-metallic joining process... 2023. URL: https://dst.gov.in/novel-bi-metallic-joining-process-can-create-composite-copper-and-steel-engineering-applications (дата обращения: 09.04.2026).

УДК 621.039

ЯРОШЕНКО Г.А., САТАЕВ А.А.

ВЛИЯНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВУХФАЗНЫХ ПОТОКОВ: ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ И КРИТЕРИАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Развитие морской ядерной энергетики и создание плавучих АЭС требует глубокого понимания процессов тепломассопереноса в условиях переменного поля массовых сил. В отличие от стационарных условий, работа оборудования на подвижном основании сопряжена с

возникновением дополнительных сил инерции (тангенциальной, центробежной и силы Кориолиса), которые меняют структуру двухфазного потока и эффективность теплообмена.

Существующие модели двухфазных потоков в основном ориентированы на гравитационное распределение фаз. Однако в условиях качки вектор результирующего ускорения непрерывно меняется, что приводит к пульсациям расхода, асимметрии паросодержания и возникновению локальных зон ухудшенного теплообмена[3],[4]. Отсутствие универсального критерия, описывающего интенсивность этих возмущений, затрудняет проектирование надежных теплообменных аппаратов.

Предлагаемым вариантом решения данной проблемы является введение безразмерного параметра – числа качки (Ro). Этот параметр определяется как отношение амплитуды тангенциального инерционного ускорения к проекции гравитационного ускорения:

$$Ro = \frac{\theta_{\max}\,\omega^2 R}{g\,\mathrm{si}_{\;max}},$$

где $\theta_{\max}$ – амплитуда качки;ω – циклическая частота;R – плечо качки (расстояние от оси вращения до канала).

Использование числа Ro позволяет:

1. Классифицировать режимы воздействия: выделять квазистационарные области (Ro< 0,1), где влияние качки незначительно, и динамические области (Ro> 0,5), где инерционные силы доминируют над гравитацией.
2. Модифицировать карты режимов течения: традиционные границы (пузырьковый, снарядный, дисперсно-кольцевой режимы) пересчитываются с учетом эффективного ускорения $g_{eff}=g(1 \pm Ro)$.
3. Прогнозировать теплообмен: введение Ro в критериальные уравнения вида Nu = $=f$(Re, Pr, Ro) позволяет учитывать нестационарные эффекты перемешивания, вызванные силой Кориолиса и колебаниями пристенной жидкой пленки.

Введение безразмерного числа качки Ro является необходимым шагом для перехода от эмпирических наблюдений к обобщенным инженерным методикам расчета. Предложенный критериальный подход обеспечивает научную базу для повышения безопасности и эффективности теплообменного оборудования в условиях реальной морской эксплуатации.

Библиографический список

1. Xie, T., Xu, J., Chen, B., &Zhuo, W. Upward two-phase flow patterns in vertical circular pipe under rolling condition. Progress in Nuclear Energy (2020), 129, 103506.
2. Tian, D., Sun, L., Yan, C., Liu, J., & Sun, B. Effect of rolling motion on local characteristics of gas-liquid two-phase flow using an optical probe. AIP Conference Proceedings(2013), 1547(1), 230-245.
3. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. – М.: Энергоиздат, 1981.
4. Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена. – М.: Атомиздат, 1979.

УДК 621

НАХИМАНА П.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ МАЛОЙ МОЩНОСТИ В РАЗВИВАЮЩИХСЯ СТРАНАХ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Развитие атомных станций малой мощности (АСММ) является одним из ключевых направлений трансформации современной мировой энергетики, обусловленным необходимостью перехода к устойчивым, низкоуглеродным и экономически гибким источникам энергии. В условиях глобального

энергоперехода и роста энергопотребления особую значимость приобретают малые модульные реакторы (SMR), обладающие рядом принципиальных преимуществ по сравнению с традиционными крупными атомными электростанциями. К числу таких преимуществ относятся модульность конструкции, высокая степень заводской готовности, возможность серийного производства, применение пассивных систем безопасности.

Актуальность внедрения АСММ особенно высока для развивающихся стран, где наблюдается устойчивый рост спроса на электроэнергию, сопровождающийся ограниченными возможностями энергетической инфраструктуры. В этих условиях SMR рассматриваются как эффективный инструмент обеспечения энергетической доступности, повышения надёжности энергоснабжения и снижения зависимости от импорта ископаемого топлива. В отличие от крупных АЭС, требующих значительных капитальных вложений и длительных сроков строительства, АСММ позволяют реализовывать проекты с меньшими инвестиционными рисками и более коротким циклом ввода в эксплуатацию.

Современные проекты SMR демонстрируют высокий уровень технологической проработки и разнообразие инженерных решений. В частности, интегральная компоновка реакторной установки, реализованная в таких проектах, как NuScale, BWRX-300 и ACP100, предполагает размещение ключевых элементов первого контура в едином корпусе, что повышает уровень безопасности и снижает вероятность аварийных ситуаций. Существенным преимуществом является использование пассивных систем отвода остаточного тепла, функционирующих на основе естественных физических процессов без необходимости внешнего энергоснабжения[1].

Мировой опыт разработки и внедрения АСММ показывает, что наиболее активное развитие данного направления осуществляется в странах с развитой ядерной инфраструктурой. США, Китай, Россия, Южная Корея и ряд других государств реализуют собственные программы создания SMR, ориентированные как на внутренние, так и на экспортные рынки. При этом технологии находятся на стадии перехода от демонстрационных проектов к ограниченному коммерческому применению, что свидетельствует о формировании нового сегмента глобального энергетического рынка.

Дополнительным перспективным направлением развития атомных станций малой мощности является их использование в качестве основы для формирования энергоинфраструктуры в рамках концепции «умных» энергетических систем (smart energy systems). В таких системах SMR могут выступать не только как источники базовой генерации, но и как регулируемые элементы, обеспечивающие баланс нагрузки в условиях цифровизации энергетики и внедрения интеллектуальных сетей (smartgrid). Интеграция АСММ с системами накопления энергии, цифровыми платформами управления и распределённой генерацией позволяет повысить эффективность функционирования энергосистем, снизить потери при передаче электроэнергии и обеспечить более гибкое реагирование на изменения спроса.

В условиях ограниченных финансовых и технологических ресурсов развивающиеся страны заинтересованы в комплексных решениях, включающих не только поставку реакторных установок, но и сопровождение проектов на всех этапах их жизненного цикла — от проектирования и лицензирования до эксплуатации и вывода из эксплуатации. В этой связи формируются новые модели взаимодействия, такие как «build-own-operate» (BOO) и «energy-as-a-service», предполагающие участие технологически развитых стран и международных корпораций в реализации энергетических проектов. Расширение таких форматов сотрудничества способствует снижению инвестиционных рисков, ускорению внедрения технологий и формированию устойчивых энергетических партнёрств на глобальном уровне [2].

рассмотрены основные проекторы маломощных и модульных реакторов, реализуемые как в России, так и за рубежом.

Представлены работающие и строящиеся установки, а также находящиеся на различных этапах проектирования. Их дальнейшее распространение зависит от формирования серийного производства, совершенствования нормативно-правовой базы и расширения международного сотрудничества. В долгосрочной перспективе SMR могут стать элементом глобальной энергетической системы, обеспечивая баланс между экономической эффективностью, экологической безопасностью и энергетической независимостью государств.

Библиографический список

1. Эверстова, Н.Н. Анализ внедрения атомной станции малой мощности в условиях Арктики // Молодой ученый. – 2026. – № 14 (617). – С. 104-108.
2. Сиделин, В.Э.Атомные станции малой мощности // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В. Г. Шухова, посвященная 300-летию Российской академии наук. – 2022. – № 4. – С. 531–536.

Подсекция 7.2

Физика волновых процессов

УДК 621.375.4 / 621.376.52

БАРИНОВ А.А., БЕЛОВ Ю.Г.

ИМПУЛЬСНЫЙ ТРАНЗИСТОРНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ СВЧ-ДИАПАЗОНА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

При построении компактных передающих устройств СВЧ-диапазона актуальной задачей является создание твердотельных СВЧ-усилителей высокой мощности (до сотен Ватт) [1,2], работающих в импульсном режиме с длительностями импульсов в несколько десятков наносекунд, которые позволяют заменить электронные приборы СВЧ. Применение твердотельной электроники позволяет отказаться от высоковольтных источников питания, применяющихся при использовании вакуумных приборов, существенно снизить потребляемую мощность, улучшить надежность и долговечность, уменьшить время выхода на режим, массу и габариты устройств [3]. Разработка передающих устройств с указанными характеристиками в настоящее время возможна на основе мощных СВЧ GaN-транзисторов, изготавливаемых зарубежными и отечественными компаниями.

При импульсной модуляции СВЧ-усилителей значительную сложность вызывает требование обеспечить высокое подавление выходного сигнала в паузе между импульсами. Это особенно актуально для усилителей, работающих совместно с приемником на общую антенну (требование к уровню подавления более 140 дБ). В докладе рассматривается сравнение различных методов импульсной модуляции твердотельных усилителей, оценка возможности формирования коротких импульсов (с длительностями от десятков наносекунд до единиц микросекунд) с помощью СВЧ-усилителей на GaN-транзисторах при значительной выходной мощности (100 Вт и более) и высоком подавлении выходной мощности в паузе между импульсами.

GaN-транзисторы позволяют реализовать импульсный режим работы усилителя высокой мощности при непрерывном входном сигнале двумя способами: изменением напряжения смещения на затворах или напряжения питания транзисторов усилителя. Устанавливая напряжение смещения ниже напряжения отсечки, мы запираем транзисторы, и усилитель работает как аттенюатор. Изменяя напряжение смещения, при небольшом токе в этой цепи можно формировать короткие импульсы высокой мощности с очень хорошими временными характеристиками (с фронтами до наносекундной длительности). Однако модуляция по цепи смещения обладает рядом недостатков. Во-первых, постоянно присутствующее напряжение на стоке транзисторов не обеспечивает глубокого подавления сигнала в паузе и снижает надежность усилителя. Во-вторых, затруднительно использовать такую схему в многокаскадных усилителях, поскольку в разных каскадах используются разные транзисторы и требуются разные напряжения смещения.

Для проверки возможности достижения требуемых параметров исследовались несколько различных схем модуляции напряжением питания трехкаскадных усилителей на GaN-транзисторах.

Библиографический список

1. Верхулевский К. GaN транзисторы MicrisemiCorporation для высоконадежных СВЧ-разработок // Электронные компоненты, Сер. СВЧ электроника. 2017. № 1. С. 8-13.

2. Кищинский А. Твердотельные усилители мощности СВЧ диапазона со сверхоктавной полосой // Электронные компоненты, Сер. СВЧэлектроника. 2019. № 1. С. 20-23.
3. Радиопередающие устройства СВЧ: учеб. пособие /С.А. Бабунько [и др.]; НГТУ им. Р.Е.Алексеева. – Н. Новгород, 2023. – 131с.

УДК 621.396

БЕЛКИНА В.А., РАЕВСКИЙ А.С.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВИХРЕВОГО ПОЛЯ С ПОМОЩЬЮ ФАЗИРОВАННОЙ АНТЕННОЙ РЕШЁТКИ, СОСТОЯЩЕЙ ИЗ ЧЕТЫРЁХ МИКРОПОЛОСКОВЫХ ПАТЧ-АНТЕНН

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Для передачи информации в СВЧ-диапазоне применимы электромагнитные волны, обладающие ОУМ (орбитальным угловым моментом) и имеющие особую фазовую структуру. Такие волны называются вихревыми [1]. Существуют различные способы их применения, но необходимо выяснить, возможна ли в таком случае передача информации в атмосферном канале.

Целью работы является моделирование фазированной антенной решётки, состоящей из четырёх микрополосковых патч-антенн, с целью изучения её характеристик как передающей системы.

ОУМ является одной из перспективных технологий в тематике увеличения пропускной способности беспроводных систем передачи данных. Под ОУМ принято понимать спиральную дислокацию фронта электромагнитной волны [2]. Но атмосфера является одним из врагов фазового вихря, так как неоднородность атмосферы разрушает его спиральную структуру. Интерес представляет то, каким образом можно модифицировать систему, чтобы она была пригодна для передачи в свободном пространстве.

Структура ФАР, состоящая из четырёх микрополосковых патч-антенн, смоделирована в CST Microwave Studio и приведена на рис. 1.

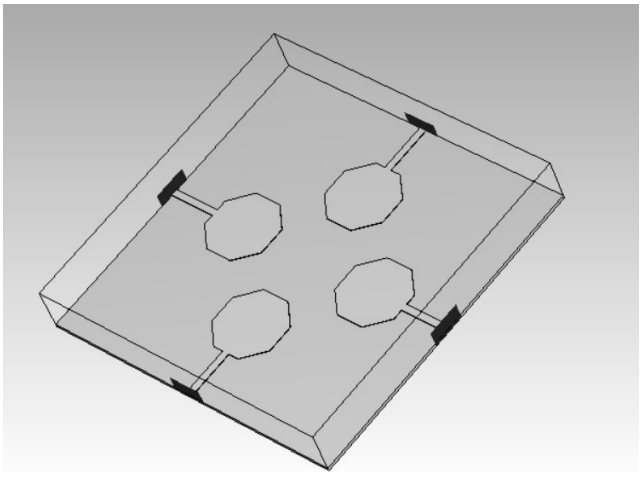


Рис.1.ФАР, состоящая из четырёх микрополосковыхпатч-антенн

В качестве материала подложки был выбран ROGERSRO4350B без потерь с диэлектрической проницаемостью 3,66 и толщиной 0,101 мм.

Наиболее распространёнными методами улучшения таких структур являются: увеличение количества элементов; настройка расположения элементов; применение линзы для фокусировки и т.д.

Проведены различные итерации моделирования при разных условиях, а также запитка элементов с разными фазами для изучения поведения структуры в дальнем поле.

Библиографический список

1. Порфирьев А.П., Кучмижак А.А., Гурбатов С.О., Йодказис С., Хонина С.Н., Кульчин Ю.Н. Фазовые сингулярности и оптические вихри в фотонике / А.П. Порфирьев, А.А. Кучмижак, С.О. Гурабтов, С. Йодказис, С.Н. Хонина, Ю.Н. Кульчин // Научный журнал «Успехи физических наук», 2022. – Т.192. – № 8. – с. 841-866.
2. Катеринкина Е.Н., Грахова Е.П., Катаскин Л.В. Фазированная антенная решетка для генерации суб-терагерцевого излучения с заданным состоянием орбитального углового момента / Е.Н. Катеринкина, Е.П. Грахова, Л.В. Катаскин // Статья в сборник докладов Всероссийской научно-технической конференции, 2023. – с. 20-24.

УДК621.396.969.1

БИРЮКОВ З.С., РАЕВСКИЙ А.С.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ ДЛЯ ФАЗОВЫХ РАДИОПЕЛЕНГАТОРОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Известно, что у фазовых методов радиопеленгации есть недостаток, связанный с пеленгом нескольких источников радиоизлучения, работающих на одинаковой или близлежащих частотах.

В настоящее время существуют два метода MUSIC и EXTRIM, используемых в фазовых радиопеленгаторах, которые решают данную задачу.

MUSIC и ESPRIT требуют многоканальную антенную решетку, но дают наивысшую точность. Однако в условиях морской поверхности, особенно при морском волнении, радиопеленгаторы, работающие на данных методах, необходимо дорабатывать, что приводит к значительному усложнению радиопеленгаторов.

Способ радиопеленгации с временным разделение сигналов

Предложен способ радиопеленгации двух источников радиоизлучения [1], который также решает данную проблему.

Преимущества предложенного способа [1], по сравнению с MUSIC и ESPRIT при разработке радиоканала связи радиомаяк-радиопеленгатор, работающий в морских условиях:

– для реализации предложенного способа требуется две антенны. Для реализации методов MUSIC и ESPRIT необходимы многоканальные антенные решетки, состоящие минимум из четырех антенн, при работе в условии морского волнения количество антенн увеличивается;

– минимальные вычислительные затраты, интегрирование и стробирование выполняются аппаратно, без сложных матричных вычислений;

– гарантированное разделение принимаемых сигналов благодаря жестким временным соотношениям наложение сигналов маловероятна. Это принципиальное преимущество, гарантирующее отсутствие взаимных помех на этапе проектирования системы;

– работа в реальном времени, метод идеально подходит для систем, где важна минимальная задержка;

– энергетическая эффективность, так как используется вся энергия принятых сигналов.

Несмотря на высокую точность фазовых радиопеленгаторов, работающих на методах MUSIC и EXTRIM, в условиях морского волнения уступают предложенному способу с временным разделением сигналов.

---

1. Патент RU 2854085 C1 Способ пеленгации двух радиомаяков / Бирюков З.С., Сорокин А.В. Заявл. 20.08.2025. Опубл. 29.12.2025.

УДК 621.317.3

ВАСИЛЬЕВ Д.В., БИРЮКОВ В.В.

РАЗРАБОТКА НАПРАВЛЕННОГО ОТВЕТВИТЕЛЯ ДЛЯ ИЗМЕРИТЕЛЯ КОЭФФИЦИЕНТА СТОЯЧЕЙ ВОЛНЫ НАПРЯЖЕНИЯ В ЧАСТОТНОМ ДИАПАЗОНЕ B38

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

1. Актуальность. Для диапазона B38 (2570–2620 МГц), используемого в LTE-TDD, требуется компактный прецизионный измеритель КСВН. Ключевой элемент – направленный ответвитель (НО) с высокой направленностью в рабочей полосе частот, что определяет точность контроля рассогласования нагрузки[1].

2. Объект и цель. Объект – направленный ответвитель с коаксиальной и двумя микрополосковыми линиями, ответвляющие мощность прямой и отраженной волн. Цель – разработка конструкции НО на частотный диапазон 2570 - 2620 МГц с переходным ослаблением 30±1 дБ, направленностью не менее 40 дБ (для ответвителя отраженной волны) и не менее 17 дБ (для ответвителя прямой волны) в полосе с шириной 50 МГц.

3. Методология. Проектирование выполнено в виде гибридной конструкции с коаксиальным волноводом (волновое сопротивление Z = 50 Ом) и микрополосковой линией на подложке с диэлектрической проницаемостью ε = 3.27. Использован квазистатический расчет геометрии (расстояние между линиями h=6 мм, ширина полосков w=0.95 мм, длина четвертьволнового участка L=11.55 мм). Моделирование – в CSTStudio. На рис. 1 представлена модель.

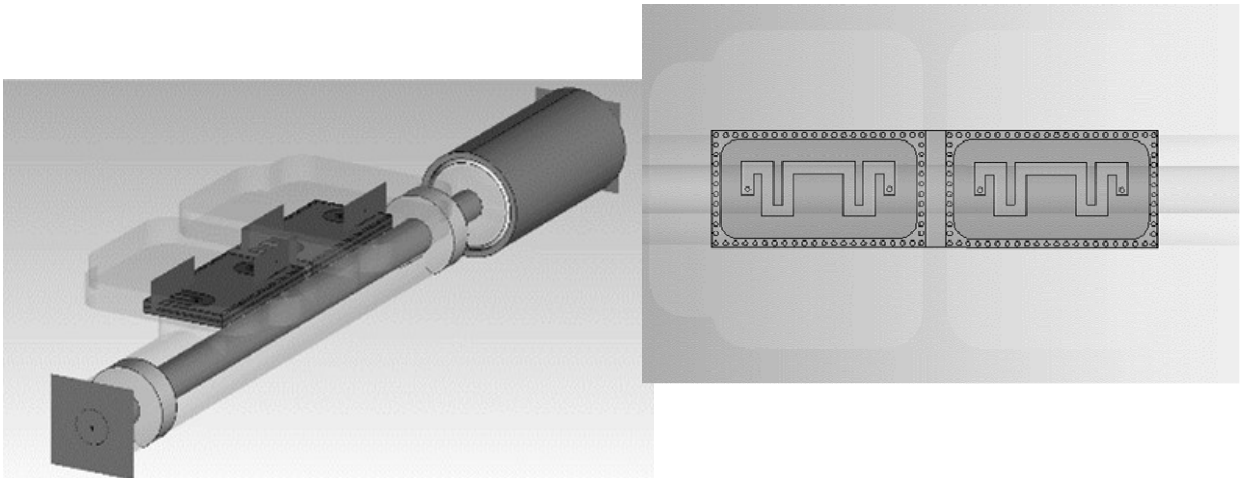


Рис. 1. Модель НО в CSTStudio

4. Результаты моделирования. Получена направленность выше 40 дБ и 17 дБ в рабочей полосе частот с переходным ослаблением 30.5 дБ, что удовлетворяет требованиям задания. Также затухание в первичной линии системы составляет не более 0.15 дБ.

Заключение. Разработан направленный ответвитель, удовлетворяющий ТЗ для частот B38. Предложенный НО будет в дальнейшем интегрирован в радиомодуль базовой станции B38. Прибор обеспечивает погрешность определения коэффициента отражения не более 3.33% в рабочем тракте с мощностью до 48 дБм, что достаточно для настройки антенн и фильтров базовых станций.

---

1. Marki Microwave. Directivity and VSWR measurements. – Morgan Hill, CA, 2012. – 8 с.

УДК 621.396.67

ЕВСТИФЕЕВ Д.О., ЩЕРБАКОВ В.В.

ОБЛУЧАТЕЛИ ДЛЯ ЗЕРКАЛЬНЫХ АНТЕНН С НИЗКИМ УРОВНЕМ БОКОВЫХ ЛЕПЕСТКОВ ДЛЯ ТЕРАГЕРЦОВОЙ СИСТЕМЫ СВЯЗИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Освоение терагерцового диапазона является одним из наиболее перспективных направлений в радиоэлектронике, поскольку он критически важен для будущего телекоммуникаций (6G и выше), систем безопасности и медицинской диагностики. Данная работа была выбрана в связи с практической потребностью в компактных и эффективных антеннах для терагерцовой связи, где традиционные подходы не всегда применимы, а оптимизация облучателя антенны Кассегрена позволяет значительно улучшить её энергетические характеристики.

Цель работы – разработка и обоснование конструкции облучателя для двухзеркальной антенны Кассегрена на частоту 140 ГГц, обеспечивающего низкий уровень рассеяния энергии и коэффициент усиления более 40 дБ, на основе моделирования и сравнительного анализа пяти типов облучателей в CST MicrowaveStudio[1].

Полученные оптимизированные модели и методики могут быть использованы инженерами для разработки компактных и энергоэффективных антенных систем, решающих ключевую проблему малой дальности связи в этом диапазоне. Антенна с рекордно низким уровнем боковых лепестков позволяет максимально использовать маломощный сигнал от терагерцовых источников, что критически важно для организации высокоскоростных каналов передачи данных в системах типа «точка-точка», межспутниковой связи или в составе радиолокационных комплексов с высокой разрешающей способностью.

В работе проведено моделирование и оптимизация двухзеркальной антенны Кассегрена для терагерцового диапазона (140 ГГц), в ходе которой исследованы пять типов рупорных облучателей. На основе численных экспериментов в CST MicrowaveStudio выбран облучатель, обеспечивающий максимальный коэффициент усиления и минимальный уровень боковых лепестков.

---

1. **Заикин, И. П.** Проектирование антенных устройств радиорелейных линий связи : уч. пособие /И. П. Заикин, А. В. Тоцкий, С. К. Абрамов. – Харьков : ХАИ, 2006. – 90 с.

УДК 621.372.543.2

КРАШЕНИННИКОВА Е.А.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОЛОСОВЫХ ФИЛЬТРОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ РЕЗОНАТОРОВ ВЫСШИХ МОД

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Повышение требований к пропускной способности и помехозащищённости систем связи, радиолокации и радиорелейных станций (РРС) пятого и шестого поколений обусловливает необходимость создания высокоизбирательных полосно-пропускающих фильтров с заданными частотными характеристиками. Традиционным подходом к повышению избирательности является введение перекрёстных связей между несмежными резонаторами. Однако это усложняет топологию фильтра и увеличивает габариты. Альтернативным и более компактным решением выступает использование резонаторов высших мод – синглетов.

Синглет представляет собой резонатор увеличенного размера, работающий на моде высокого порядка. В отличие от классического резонатора на основной моде, синглет за счёт возбуждения высших типов колебаний позволяет сформировать один нуль передачи без введения дополнительных резонаторов или перекрёстных связей. Существует два типа синглетов: с нулём передачи слева от полосы пропускания и с нулём справа, что определяется взаимным расположением входных и выходного портов относительно средней линии резонатора [1].

Однако в синглете, помимо высшей моды f_1, которую используют в полосе пропускания, всегда возбуждается также основная (первая) мода на побочной частоте f_{sp}. Эта паразитная мода ухудшает избирательность фильтра и создаёт нежелательные полосы пропускания. Для её подавления необходимо использовать дополнительные резонаторы фильтра, которые «закорачивают» побочную моду.

Для экспериментального подтверждения эффекта подавления побочной моды с помощью других резонаторов был реализован фильтр 3-го порядка с использованием синглета, формирующего ноль передачи слева от полосы (рис. 1).

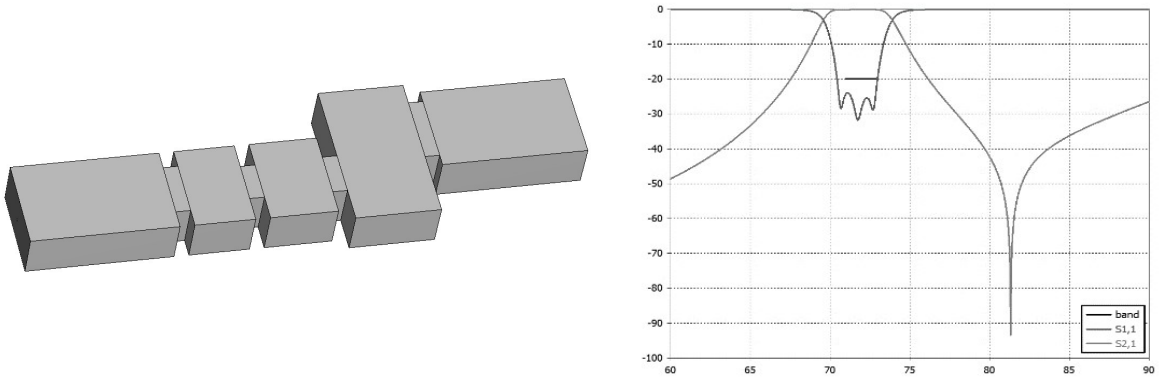


Рис. 1. Модель фильтра 3 порядка с использованием синглета с нулем передачи справа и его S-параметры

Таким образом, синглеты являются удобным строительным блоком для проектирования высокоизбирательных полосовых фильтров миллиметрового диапазона, в том числе для диплексеров радиорелейных станций.

1.Amari S. Characteristics of cross (bypass) coupling through higher/lower order modes and their applications in elliptic filter design // IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques. – 2005. – Vol. 53, № 10. – P. 3135–3141.

УДК 532.5

КУЗНЕЦОВ П.Д.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ УЕДИНЕННЫХ ВНУТРЕННИХ ВОЛН С ГЛАДКИМ УСТУПОМ В ДВУХСЛОЙНОЙ ЖИДКОСТИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Исследование внутренних гравитационных волн является актуальной задачей гидрофизики, поскольку такие волновые движения определяют многие факторы функционирования прибрежных экосистем. Такие волны могут распространяться на сотни километров и способствуют перераспределению энергии, массы, питательных веществ, загрязнений, примесей и донных материалов.

Целью данной работы является исследование процесса трансформации уединенных внутренних волн при накате на гладкий уступ в квазидвухслойной жидкости в рамках полнонелинейной численной модели гидродинамики, определение типовых сценариев данной трансформации в зависимости от степени крутизны склона. В настоящий момент данные процессы исследуются преимущественно с помощью слабонелинейных моделей. Однако применение полнонелинейных моделей является актуальным направлением развития таких исследований и представляет большой научный интерес, поскольку, в отличие от слабонелинейного подхода, позволяет описать сильные нелинейные эффекты при взаимодействии внутренних волн с рельефом дна, приводящие к высвобождению значительного количества энергии.

В настоящей работе в качестве полнонелинейной численной модели была использована модель гидродинамики SUNTANS. Эта модель решает трёхмерную систему уравнений Навье-Стокса в приближении Буссинеска методом конечных объёмов. Одним из ключевых преимуществ данной модели является учет вязкости жидкости, а также возможность выполнения расчетов с открытой верхней границей, что приближает численные эксперименты к реальным условиям в Мировом океане.

В ходе данной работы было проведено моделирование нескольких сценариев наката уединенной внутренней волны отрицательной полярности на гладкий уступ, сценарии отличались крутизной уступа. Были выделены характерные режимы трансформации волны после взаимодействия с уступом, проведено сопоставление полученных режимов трансформации с предложенной в других работах классификацией типов наката в двухслойной жидкости, оценивается влияние особенностей выбранной модели гидродинамики, в том числе учёта вязкости и возникающих из-за неё турбулентных эффектов. Данные процессы изучаются как по мгновенным снимкам поля плотности, снятым в определенные моменты времени, так и по x-t диаграммам смещения поверхности равной плотности. Применение x-t диаграмм позволяет более наглядно отразить число формирующихся внутренних волн, направление и скорость их распространения. Также в работе показано наличие сильных нелинейных эффектов в процессе взаимодействия внутренней волны с уступом, что приводит к существенному перемешиванию толщи воды в области уступа. Данное наблюдение подтверждает важность исследования данных процессов с помощью полнонелинейных моделей гидродинамики. В дальнейшем планируется провести

расчёты для большего числа сценариев и оценить влияние параметров задачи на различные характеристики процессов трансформации.

УДК 621.039

МАМБВЕ М. М., АНДРЕЕВ В.В.

АППРОКСИМАЦИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ КРИВЫХ СОПРОТИВЛЕНИЯ В НИЗКОРАЗМЕРНЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ КОНТУРАХ МЕТОДОМ ТАКАГИ-СУГЕНО

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Традиционные зонные формулы для коэффициента гидравлического сопротивления λ приводят к нефизическим разрывам при переходе от ламинарного к турбулентному режиму. В данной работе применяется нечёткий метод Такаги–Сугено (Т–С) для устранения этих разрывов в низкоразмерных гидравлических контурах [1].

Результирующее значение λ вычисляется как взвешенное среднее:

$$\lambda = \frac{\lambda_1 П_1 + \lambda_2 П_2 + \lambda_3 П_3}{П_1 + П_2 + П_3} \quad , \qquad (1)$$

где $П_1$, $П_2$, $П_3$ – функции принадлежности для ламинарного, переходного и турбулентного режимов потока воды при 21 °С в алюминиевом трубчатом теплообменнике. Локальные модели: $\lambda_1 = 64/Re$ (или $75/Re$), λ2 – интерполяционная функция, $\lambda_3 = 0{,}11(\boldsymbol{\Delta}_э/d + 68/Re)^{0{,}25}$

Сначала по числу Рейнольдса определяются значения функций принадлежности, затем вычисляется λ без разрывов. Эксперименты проведены в лаборатории кафедры «Ядерные реакторы и энергетические установки» Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева на алюминиевом теплообменнике с проволочными интенсификаторами [2]. Результаты подтверждают, что метод Т– С обеспечивает непрерывные и точные кривые λ(Re), что важно для высокоточного моделирования компактных гидравлических контуров.

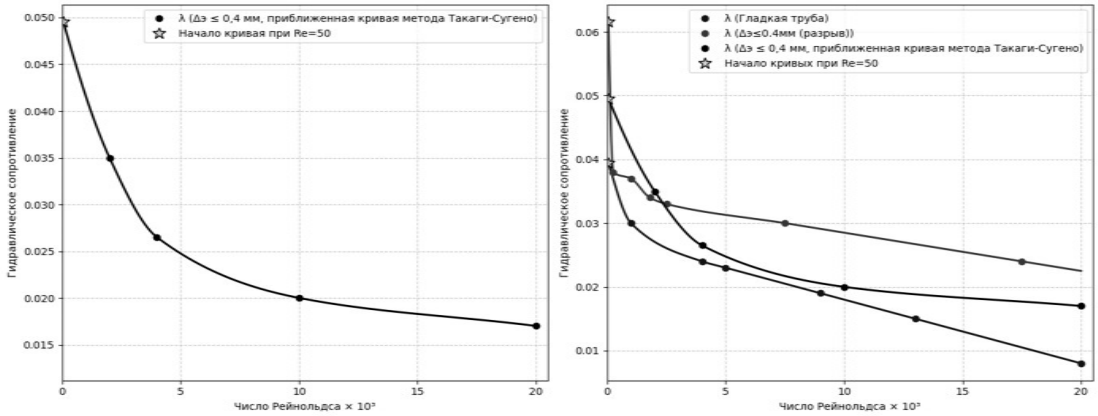


Рис. 1. Аппроксимированная зависимость λ(Re) для алюминиевого трубчатого теплообменника (Источник: составлено авторами)

Библиографический список

1. Сугено М. Промышленные приложения нечеткого управления / МитиоСугено. – Амстердам.: ElsevierSciencePub. Co. 1985. – 269 с.

2. Мамбве М.М., Тарасова Н.П. Характеристики гидравлического сопротивления алюминиевого трубчатого теплообменника с внутренними интенсификаторами теплоотдачи // Международный молодежный форум «Россия – Африка: потенциал ядерного образования для успешного развития региона» (Россия, Москва, Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы). – Москва, 28 февраля 2025 г. – С. 28.

УДК 621.372.543.2

МАНАХОВ И.Д., МАЛАХОВ В.А.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛОСОВОГО КОАКСИАЛЬНОГО ФИЛЬТРА, ИЗГОТОВЛЕННОГО ИЗ РАЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Коаксиальные полосно-пропускающие фильтры широко применяются в системах связи и радиочастотной обработки сигналов. Одним из ключевых факторов, влияющих на стабильность их характеристик, является изменение температуры окружающей среды и внутренний нагрев, вызванный прохождением электромагнитной мощности. Различные температурные коэффициенты линейного расширения (ТКЛР) материалов конструктивных элементов, в частности корпуса (алюминий) и настроечных винтов (различные стали), приводят к деформациям, изменению зазоров и, как следствие, смещению полосы пропускания и ухудшению S-параметров. В связи с этим актуальной является задача выбора материала настроечных винтов, обеспечивающего минимальные изменения характеристик фильтра в рабочем диапазоне температур [1, 2].

Данная работа посвящена исследованию влияния температуры окружающей среды на восьмизвенный коаксиальный фильтр диапазона 2,62–2,69 ГГц. Моделирование выполнено в САПР CST Studio 2024 и COMSOL 5.5. В работе рассмотрены четыре типа материала настроечных винтов: алюминий (однородный материал), углеродистая сталь марки Ст10, хромистая нержавеющая сталь (30Х13) и хромоникелевая сталь (12Х18Н9Т). Анализ проводился для температур от –40°С до +80°С. Для каждого варианта получены зависимости S_{11} и S_{21} от частоты, определено смещение полосы пропускания и максимальные потери в диапазоне 2,5–2,57 ГГц.

В процессе проведения исследований установлено, что при нагреве фильтра с алюминиевыми винтами полоса пропускания смещается в сторону низких частот на 0,0042 ГГц (+80°С), а при охлаждении – в сторону высоких частот на 0,004 ГГц (–40°С). Максимальные потери S_{21} составили –106,75 дБ. Использование винтов из углеродистой стали (Ст10) уменьшает смещение до –0,0034 ГГц (+80°С) и 0,0037 ГГц (–40°С) при незначительном улучшении потерь (–107,82 дБ). Наименьшие изменения характеристик обеспечивают винты из хромистой нержавеющей стали (30Х13): смещение полосы не превышает –0,0031 ГГц (+80°С) и 0,0034 ГГц (–40°С), потери –108,19 дБ. Хромоникелевая сталь (12Х18Н9Т) показала смещение до –0,0038 ГГц (+80°С) и потери –105,46 дБ.

Моделирование показало, что нагрев фильтра, обусловленный тепловыми потерями за счет распространения электромагнитного сигнала составляет 9,4°С при входной мощности 100 Вт и 6°С при входной мощности 80 Вт, причём наибольший нагрев приходится на гантели ёмкостной связи и разъёмы. Разность температур для различных частей конструкции не превышает 1–2°С, что не оказывает существенного влияния на S-параметры при изменении температуры окружающей среды.

Библиографический список

1. Hong J.-S.G., Lancaster M.J. Microstrip Filters for RF/Microwave Applications. – 2nd ed. – Wiley, 2011. – P. 123-160.
2. Cameron R.J., Kudsia C.M., Mansour R.R. Microwave Filters for Communication Systems. – Wiley, 2018. – P. 643.

УДК 621.396.677

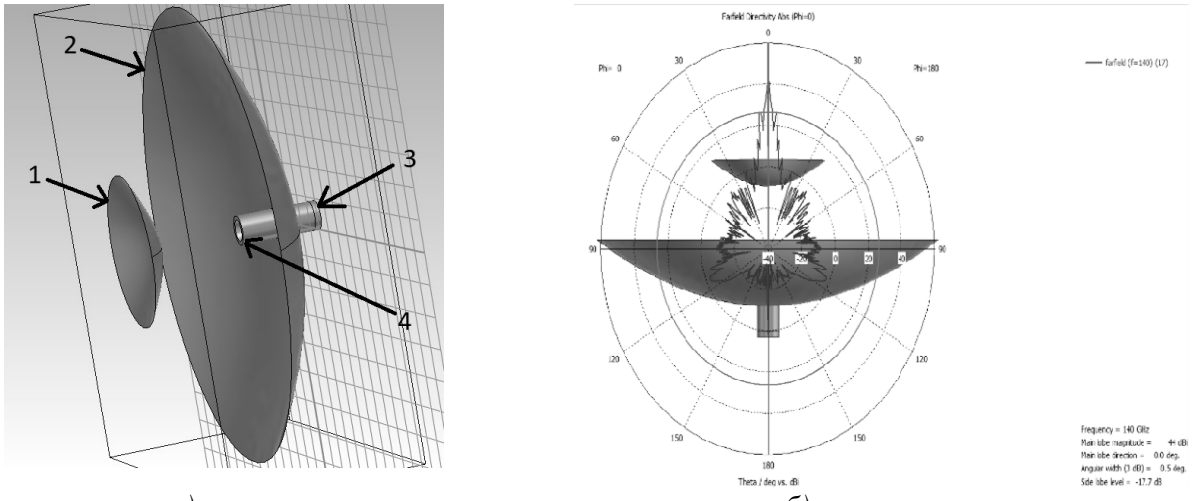
МЕРЛУШКИН А.С., ЩЕРБАКОВ В.В.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АНТЕННЫ КАССЕГРЕНА НА ЧАСТОТУ 140 ГГц

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Представлены результаты моделирования антенны Кассегрена миллиметрового диапазона длин волн (140 ГГц) при различных значениях геометрических параметров: диаметр субрефлектора, апертура рупора и расстояние между зеркалами антенны.

Антенна состоит из двух зеркал (гиперболического (1) и параболического (2)), переходника с прямоугольного волновода на круглый (3) и рупора Пикетта-Поттера (4). Исследуемая модель антенны представлена на рис.1 а. Диаграмма направленности (ДН) антенны представлена на рис. 1 б:



а) *б)*

Рис.1. Модель исследуемой антенны (а), ДН антенны (б)

По техническому заданию (ТЗ) необходимо было достичь коэффициента усиления (КУ) в 50 дБи. На данный момент КУ составляет 44 дБи на частоте 140 ГГц, с диаметром главного зеркала 300 мм, уровень боковых лепестков составляет -17,7 дБ, коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВН) по входу облучателя менее 1,3.

Разработана электродинамическая модель антенны Кассегрена на 140 ГГц в САПР CST, позволяющая проводить анализ перед изготовлением предсерийного образца. Однако модель требует дополнительной оптимизации параметров для достижения значения КУ, указанного в ТЗ.

УДК 621.396

МУРАШОВА Ю.А.,ТИМОФЕЕВ Е.П.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ ИСТОЧНИКОВ ОДНОРОДНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ДИАПАЗОНА СВЧ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Задача контроля электромагнитных излучений и сертификации технических средств по параметрам электромагнитной совместимости (ЭМС) остается в настоящее время актуальной задачей. Создание аппаратуры для измерения электромагнитного поля (ЭМП) привело к необходимости разработки методов и средств ее метрологического обеспечения в широком диапазоне частот и уровней напряженности поля.

К наиболее эффективным средствам метрологического обеспечения относятся специализированные измерительные установки на основе экранированных источников однородного (внутри заданного объема) электромагнитного поля (ИО ЭМП).

В данной работе исследуются полеобразующие системы (ПС) на основе модели крупномасштабной экранированной полосковой линии, как наиболее эффективной по совокупности характеристик, таких как: частотный диапазон (широкополосность), объем однородного электромагнитного поля (объем рабочей зоны), диапазон уровней воспроизводимости Е- и Н-полей.

Существенной проблемой, ограничивающей частотный диапазон работы экранированного ИО ЭМП, являются возникающие резонансы волн высших типов, нарушающие процедуру измерения (калибровку и аттестацию антенн-датчиков измерителей напряженности ЭМП) [1].

В работе показано, что расширение частотного диапазона ИО ЭМП возможно при эффективном подавлении волн высших типов при минимальном влиянии на основную волну. Такая задача избирательного поглощения только «паразитных» типов волн и определения места размещения поглощающего материала, его конфигурации и размеров, равна на основе анализа структуры основной и высших типов волн. Помещенный в углы экрана ИО ЭМП объемный радиопоглощающий материал (РПМ) квадратного сечения, эффективно взаимодействуя с электрическим полем волн высших типов, поглощает их, практически не влияя на распространение основной Т-волны.

В результате диапазон одноволновой работы ИО ЭМП значительно расширяется, увеличиваясь как минимум в три раза. Экспериментально определено, что при поглотителе с оптимальными размерами затухание основной Т-волн увеличивается всего лишь на (5-7) %, в то время как для Н-волн высших типов в 10-20 раз, обеспечивая практически их полное подавление [2].

Таким образом, значительное расширение частотного диапазона ИО ЭМП позволило сократить их количество и обеспечить тем самым гарантированное единство и точность воспроизведение параметров однородного ЭМП.

Библиографический список

1. Мурашова Ю.А., Тимофеев Е.П. Расчет сверхширокополосного согласующего перехода рупорной гребневой антенны // Сборник материалов XV НТК «Высокие технологии атомной отрасли. Молодежь в инновационном процессе», - Саров: ФГУП «РФЯЦ – ВНИИЭФ», 2021 г. – С. 153-159.

2. Мурашова Ю.А., Тимофеев Е.П. Оптимизация конструкции сверхширокополосных рупорных гребневых антенн // Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции «Всероссийский форум молодых исследователей – 2022 г.», - Петрозаводск.

УДК 621.372, 621.396

ПУГАЧЕВ А.А., БИРЮКОВ В.В.

РАСЧЁТ МАТРИЦЫ СВЯЗЕЙ ФИЛЬТРА ЧЕБЫШЁВА ПОЛИНОМИАЛЬНЫМ МЕТОДОМ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В современной инженерии СВЧ-устройств синтез фильтров с заданными характеристиками опирается на использование матриц связей. Основным преимуществом описанного в работе подхода является использование расширенной матрицы [M] размерности (N+2), где N – порядок фильтра.Она позволяет учитывать прямые связи между источником и нагрузкой, а также множественные входные или выходные связи.

Процесс синтеза начинается с формирования полиномов передачи F(s) и отражения E(s) для аппроксимации Чебышева. На их основе строятся элементы матрицы четырёхполюсника [Y].

$$[Y_N] = \begin{bmatrix} y_{11}(s) & y_{12}(s) \\ y_{21}(s) & y_{22}(s) \end{bmatrix} = \frac{1}{y_d(s)} \begin{bmatrix} y_{11n}(s) & y_{12n}(s) \\ y_{21n}(s) & y_{22n}(s) \end{bmatrix}$$

$$= j \begin{bmatrix} 0 & K_0 \\ K_0 & 0 \end{bmatrix} + \sum_{k=1}^{N} \frac{1}{(s - j\lambda_k)} \cdot \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} \\ r_{21} & r_{22} \end{bmatrix}$$

Полюса λ_k и вычеты r_{ik} этих функций позволяют определить параметры поперечной топологии, где каждый резонатор связан только со входом и выходом. Матричные элементы в этом случае вычисляются как:

$M_{kk} = -\lambda_k$, $M_{S,k} = \sqrt{r_{11}}$, $M_{L,k} = r_{21} \ / \sqrt{r_{11}}$.

Поперечная структура является математической основой, но труднореализуема физически. Для перехода к практическим конфигурациям, применяется серия ортогональных преобразований подобия вида $M' = R \cdot M \cdot R^T$. Данные операции позволяют последовательно обнулять ненужные коэффициенты связи, сохраняя исходный полиномиальный отклик.

---

1. **Cameron, R. J**. Advanced Coupling Matrix Synthesis Techniques for Microwave Filters / R. J. Cameron // IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques. – 2003. – Vol. 51, No. 1. – P. 1–10.

УДК 681.586.5

РУМЯНЦЕВ А.А., МАЛАХОВ В.А.

РАСПРЕДЕЛЕННЫЙ ДАТЧИК ТЕМПЕРАТУРЫ НА ОСНОВЕ БРЭГГОВСКИХ ВОЛОКОННЫХ РЕШЕТОК

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Датчики температуры на производстве выступают универсальным инструментом, обеспечивающим неразрывную связь между соблюдением точной рецептуры продукта и безопасностью технологического цикла, поскольку даже незначительное отклонение от заданного теплового режима способно одномоментно превратить дорогостоящую партию сырья в некондиционный брак, спровоцировать неконтролируемую химическую реакцию с выбросом опасных веществ или вызвать скрытую деградацию металла и изоляции в обору-

довании, что в конечном счёте ведёт к внезапным аварийным остановкам и экономическим потерям.

Принципиальное преимущество оптических датчиков температуры, которое делает их незаменимыми на взрывоопасных и пожароопасных производствах (в нефтегазовой, химической, горнодобывающей отраслях), заключается в их фундаментальной физической неспособности создавать электрическую искру или дугу. В отличие от традиционных термопар или термометров сопротивления, где измерительная информация передается электрическим током по металлическим проводникам, оптический датчик использует в качестве среды передачи свет, проходящий по кварцевому волокну [1].

Разработка датчиков температуры на брэгговских волоконных решетках (БВР) нацелена на создание принципиально искробезопасной и электромагнитно-независимой измерительной системы, способной заменить традиционную электрическую термометрию в экстремальных условиях взрывоопасных сред.

В работе представлен экспериментальный макет распределенного датчика температуры на БВР. Чувствительные элементы датчика температуры выполняются на основе однородных БВР, который подключаются к волоконной линии на разных расстояниях и имеют максимум коэффициента отражения на разных длинах волн. Отраженные сигналы от разных однородных БВР приходят на разной длине волны и поступают на чирпированную бреговскую волоконную решетку. В зависимости от длины волны сигналы, приходящие на фотодетектор от чирпированной БВР [2] имеют разный сдвиг фазы, что позволяет определить с какого чувствительного элемента пришел сигнал.

Библиографический список

1. **Weng Y.,** et al. Robust and compact fiber Bragg grating vibration sensor for seismic measurement // IEEE sensors journal. 2011. no. 12. pp. 800-804.
2. Chtcherbakov, A.A. Chirped Fiber-Optic Bragg Grating Interrogator in a Multiplexed Bragg Grating Sensor Configuration / A.A. Chtcherbakov, P.L. Swart // J. Lightwave Technol. – 2004. – V. 22. – № 6. – P. 1543 - 1547.

УДК 535.41

САПОЖНИКОВ С.М.

ТОМАС ЮНГ: ЧЕЛОВЕК, КОТОРЫЙ ОТКРЫЛ ВОЛНОВУЮ ПРИРОДУ СВЕТА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Томас Юнг (1773–1829) вошёл в историю науки как учёный, сумевший опровергнуть корпускулярную теорию света Исаака Ньютона и доказать его волновую природу. Современники называли его «последним человеком, который знал всё» [1].

Занимаясь вопросами аккомодации глаза, Юнг пришёл к выводу, что корпускулярная теория не способна объяснить многие оптические явления. В 1800 году в трактате «Опыты и проблемы по звуку и свету» он впервые рассмотрел проблему суперпозиции волн, указав, что при наложении звуковых волн происходит их взаимное усиление или ослабление [1, 2].

Ключевым достижением учёного стал двухщелевой эксперимент (1802 г.). Пучок света пропускался через две узкие параллельные щели и попадал на экран. Согласно корпускулярной теории, на нём должны были появиться лишь две светлые полосы. Однако Юнг увидел чередование светлых и тёмных полос. Он объяснил это явление сложением волн: там, где гребни совпадают, свет усиливается, а где гребень встречается со впадиной – гасится [2, 3]. Сам термин «интерференция» был введён в науку именно Юнгом в 1802 году [1].

На основе принципа интерференции учёный впервые определил длины волн света для

разных цветов, заложив основы спектрометрии. Позднее, в 1817 году, он высказал гипотезу о поперечности световых колебаний [2].

При жизни идеи Юнга не получили широкого признания: авторитет ньютоновской корпускулярной теории был слишком велик. Лишь позднее работы Огюстена Френеля окончательно утвердили волновую природу света в науке [2].

Помимо оптики, Юнг внёс вклад в механику, введя характеристику упругости – «модуль Юнга». Он также разработал трёхкомпонентную теорию цветного зрения и одним из первых использовал термин «энергия» в современном физическом смысле [1].

Библиографический список

1. Томас Юнг [Электронный ресурс] // Физико-химический факультет Южного федерального университета.
2. Юнг Томас [Электронный ресурс] // Мегаэнциклопедия Кирилла и Мефодия.
3. Двухщелевой эксперимент Юнга [Электронный ресурс] // Институт физики твердого тела РАН.

СЕКЦИЯ 8

МЕДИЦИНСКАЯ ИНЖЕНЕРИЯ И БИОТЕХНОЛОГИЯ

Подсекция 8.1

Медицинская инженерия

УДК 615.47

АККУРАТНОВА К.С., БУДАРИНА А.А., ВАЛИУЛЛОВА А.Э.,
ИПАТОВА Ф.С., НОВОЖИЛОВА О.О.

АНАЛИЗ ИННОВАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ АМБУЛАТОРНОГО МОНИТОРИНГА ПАЦИЕНТОВ С АРИТМИЕЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Аритмия – это нарушение нормального ритма сердечных сокращений, при котором меняется частота, ритмичность или последовательность ударов сердца. В норме сердце бьётся регулярно и скоординированно благодаря правильному формированию и проведению электрических импульсов. Актуальность темы обусловлена высокой распространённостью нарушений сердечного ритма, включая фибрилляцию предсердий, желудочковые тахиаритмии и нарушения проводимости, которые являются значимой причиной сердечно-сосудистой смертности. Диагностика аритмий затруднена вследствие их пароксизмального характера, что требует применения длительного и непрерывного мониторинга сердечной деятельности. Современное развитие медицинских технологий способствует внедрению портативных и имплантируемых систем мониторинга, обеспечивающих раннее выявление нарушений ритма и повышение эффективности лечения.

Целью настоящего исследования является анализ современных средств мониторинга аритмий, а именно: оценка инновационных технологий и диагностически значимых параметров. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1) проведение сравнительного анализа их диагностической эффективности, длительности мониторинга и клинической применимости;
2) анализ инновационных направлений развития кардиомониторинга, включая цифровые и телемедицинские решения;
3) формирование перечня ключевых диагностически значимых параметров, обеспечивающих выявление и стратификацию нарушений сердечного ритма.

Таким образом, современный обзор средств мониторинга пациентов с аритмиями должен учитывать не только портативность (или стационарность) систем, но и такие параметры, как уровень инвазивности, длительность регистрации и степень вовлеченности пациента. Разработка и внедрение инновационных патч-систем с искусственным интеллектом позволяет значительно повысить выявляемость пароксизмальных нарушений ритма. Определение чёткого перечня диагностически значимых параметров создаёт основу для стандартизации протоколов мониторинга, что имеет стратегическое значение для снижения смертности от аритмий и улучшения качества жизни пациентов.

Библиографический список

1. **Avidan, Y.** Smartwatch-Based Detection of Ventricular Dysrhythmias: A Systematic Review of Literature [Text] / Y. Avidan, R. Khoury, I. Naoum [et al.] // The Journal of Emergency Medicine. — 2025. — Vol. 79. — P. 610-618
2. **Abdelrazik, A.** 4-001 Smartwatches for arrhythmia detection: a review of current technologies and clinical applications [Text] / A. Abdelrazik, M. Eldesouky, I. Antoun [et al.] // Heart. — 2025. — Vol. 111, Suppl. 3. — P. A115
3. **Babu, A.** Role of Mobile Health and Wearable Devices in Cardiovascular Disease Prevention: A Comprehensive Review [Text] / A. Babu, S. R. Peddareddy, A. J. Nihad [et al.] // Cureus. — 2025. — Vol. 17, № 5. — e83673
4. **Яровой, Н. Д.** Методология обнаружения и устранения аномалий в данных IoT-устройств для оценки нагрузки на миокард в задачах кардиореабилитации [Текст] / Н. Д. Яровой, Н. И. Пак // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. — 2025. — Т. 13, № 1 (48)

УДК 615.47

ДАВЫДОВА Д.А., МЕЛУЗОВ А.Г., НОВОЖИЛОВА О.О.

РАЗРАБОТКА МЕХАНИЧЕСКОГО ПРОТЕЗА КИСТИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Протез – это специальное медицинское устройство, предназначенное для замены утраченного органа или части тела, чаще всего конечности. Основная цель протеза – восстановить утраченные функции, улучшить мобильность и повысить качество жизни человека.

Механический протез – это разновидность протеза, функционирование которого основано исключительно на механических принципах, без использования электроники или источников питания. Его работа обеспечивается за счёт передачи усилий от мышц пользователя через систему рычагов, тяг, пружин и других механических элементов.

Разаботан новый принцип работы механического протеза кисти основанного на оригинальном подходе (рис. 1). Суть метода заключается в следующем.

Основой конструкции являются две пластины, установленные друг над другом. Обе пластины подвижны, но действуют по-разному. Когда пользователь совершает лёгкое движение кистью, нижняя пластина смещается вверх на минимальное расстояние. За счёт разницы в размерах и точках опоры, верхняя пластина движется значительно дальше, усиливая движение многократно. Это позволяет небольшому усилию кисти приводить к значительным перемещениям пальцев. Между пластинами имеется особая ось вращения, расположенная сбоку, которая служит точкой опоры.

Тросы (тяги), идущие от пальцев, крепятся к верхней пластине в специальных отверстиях. Перемещение верхней пластины натягивает эти тросы, заставляя пальцы сгибаться. Регулируя крепление тросов к различным отверстиям на пластине, можно настраивать последовательность и интенсивность сгибания пальцев, что позволяет протезу выполнять разные виды захватов. После снятия усилия, пальцы автоматически разгибаются за счёт возвратных пружин, расположенных в основании каждого пальца.

Таким образом, моя система рычагов и пластин позволяет эффективно преобразовывать малое движение кисти в значительные и точные движения пальцев, обеспечивая надёжный и функциональный захват предметов.

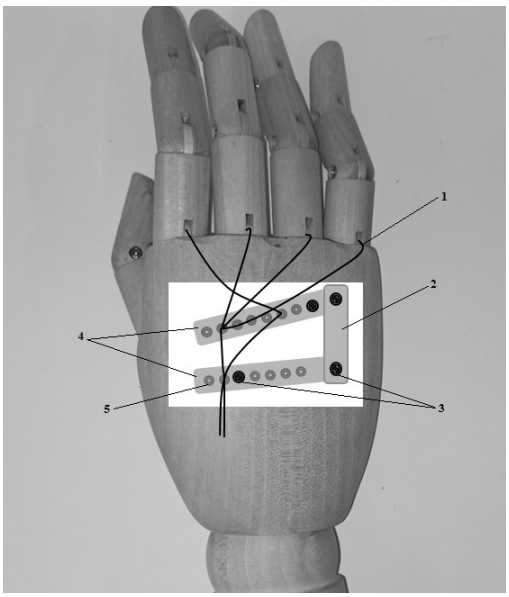


Рис. 1. Механический протез кисти: 1 – тяга, 2 – пластина оси вращения, 3 – опоры, 4 – пластины, 5 – отверстие для тяги

УДК 539.3:612.17

МУРАВЬЕВ И.М., МИРОНОВ А.А.

КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНАЯ МОДЕЛЬ МИТРАЛЬНОГО КЛАПАНА СЕРДЦА ЧЕЛОВЕКА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Сердечно-сосудистые заболевания занимают ведущее место во всем мире. В рамках решения данной проблемы привлекаются компьютерные технологии с целью моделирования патологий и выбора стратегий проведения операций на сердце [1]. Важное место занимает проблема моделирования митрального клапана (МК). Обзор публикаций по использованию в данном направлении конечно-элементных моделей приведен в работе [2].

Моделирование МК – сложная многоплановая задача. Она включает создание трехмерной геометрической модели клапанного аппарата, построение модели нелинейного гиперупругого деформирования тканей, описание динамического контакта створок и гидроупругого их взаимодействия с кровотоком.

Особенностью настоящего исследования является разработка геометрической модели МК, имеющей возможность ее настройки под конкретного пациента. В качестве исходной была принята модель из работы [2], не позволяющая вносить изменения в геометрию. Новая модель была перестроена в программе AnsysSpaceClaim и представлена на рис. 1, *а*. Данная модель МК позволяет изменять диаметры фиброзного кольца, толщины, размеры и кривизну створок, размеры и ориентацию хорд. Такие изменения дают возможность моделировать различные патологии МК, такие как регургитация и пролапс. Последующие изменения, направленные на восстановление нормальной работы клапана, позволят выбирать стратегию хирургических операций.

На основе геометрической модели МК разработана его конечно-элементная модель. Для описания материала створок и фиброзного кольца принята гиперупругая модель Огдена, хорды представлены нелинейно упругой моделью каната. В процессе работы клапана изменяется давление на створках и натяжение хорд. Разработанная конечно-элементная модель

МК адекватно воспроизводит сердечный цикл: в диастоле створки открываются под действием давления со стороны предсердия (рис. 2, *б*); в систоле – смыкаются с полной кооптацией под действием давления со стороны желудочка (рис. 2, *в*).

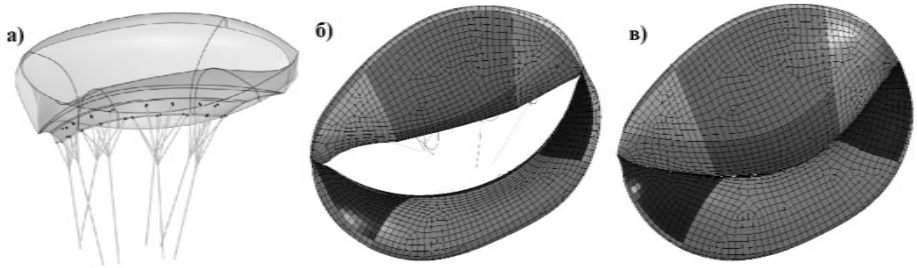


Рис.1. КЭ модель митрального клапана:
а) 3Д-модель, б) раскрытие створок, в) кооптация створок

Дальнейшее развитие модели предусматривает ее апробацию на данных анатомических особенностей отдельных пациентов, что открывает путь к ее валидации в клинических условиях.

Библиографический список

1. Pil, N.; Kuchumov, A.G.; Kadyraliev, B.; Arutunyan, V. Influence of Aortic Valve Leaflet Material Model on Hemodynamic Features in Healthy and Pathological States. Mathematics 2023, 11, 428. DOI 10.3390/math11020428.
2. Миронов А.А., Рязанов М.В., Кикеев В.А., Жильцов Д.Д. Пластика митрального клапана полоской из аутоперикарда. Конечно-элементное моделирование // Российский журнал биомеханики. – 2024. – Т. 28. – № 2. – С. 76-84. DOI:10.15593/RZhBiomeh/2024.2.06.

УДК 615.47:004.932:007.52

ПОНОМАРЁВА Е. А, СМИРНОВ И.А., КАЛЮЖНОВ Е. Я.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ РАСПОЗНОВАНИЯ ВЕН С АВТОМАТИЗИРОВАННЫМ ОПРЕДЕЛЕНИЕМ ТОЧКИ ВЕНОПУНКЦИИ ДЛЯ ИНТЕГРАЦИИ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ МОДУЛЬ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

У 15–25% пациентов идентификация вен для пункции затруднена из-за их глубокого залегания, малого диаметра или высокого индекса массы тела. Это приводит к многократным попыткам прокола, образованию гематом, финансовым потерям и повышает риск случайного инфицирования медперсонала. Существующие оптические ИК-веновизоры не определяют глубину залегания сосуда, а ультразвуковые (УЗ) аппараты требуют высокой квалификации врача и не имеют функций автоматического выбора точки прокола. Использование этих методов по отдельности неэффективно для автоматизации процедуры.

Разработана концепция гибридного аппаратно-программного комплекса, объединяющего ближнюю инфракрасную визуализацию и УЗ-томографию с применением нейросетей.

1. Аппаратный узел включает ИК-камеру с активной подсветкой (850 нм) для контрастирования поверхностной венозной сети и линейный УЗ-датчик (7–15 МГц) для оценки

глубины. Вычисления выполняются локально (EdgeComputing), что гарантирует работу в реальном времени и безопасность медицинских данных.

2. Алгоритмический конвейер:

- *Сегментация:* нейросеть (на базе U-Net) выделяет контуры вен на ИК-изображениях, фильтруя шумы и капиллярные сетки.
- *УЗ-анализ:* параллельно алгоритм распознает границы просвета вен на УЗ-снимках, вычисляя их диаметр и глубину залегания.
- *Слияние данных:* 2D-проекция с ИК-камеры и 3D-координаты от УЗ-датчика объединяются в единое параметрическое облако точек (3D-карту венозного русла).
- *Выбор точки:* математическая функция стоимости автоматически определяет оптимальное место прокола, учитывая диаметр (не менее 2 мм), глубину и анатомические риски (близость артерий или нервов).

Синергия физически разных методов (ИК и УЗИ) компенсирует их индивидуальные недостатки. Предложенный комплекс способен формировать точную 3D-модель венозной сети и вычислять безопасные координаты прокола (X, Y, Z, угол введения).

Решение позволяет снизить частоту неудачных пункций, минимизировать травматизацию пациентов и обезопасить персонал. Точность формируемых пространственных данных делает систему полностью готовой для интеграции в роботизированные манипуляторы для автоматического забора крови.

УДК 615.47

РЫГАН В.Р., ВОЛКОВ А.А., НОВОЖИЛОВА О.О.

ВЕКТОРНЫЕ МОЛЕКУЛЫ В РАДИОФАРМПРЕПАРАТАХ: ОТ ПЕПТИДОВ ДО НАНОТЕЛ – ХИМИЯ СОЕДИНЕНИЯ С РАДИОНУКЛИДОМ

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Актуальность темы обусловлена ростом онкологических заболеваний и ограничениями традиционных методов лечения, связанными с высокой токсичностью и развитием резистентности опухолей к терапии. В этих условиях возрастает потребность в радиофармацевтических препаратах (РФП), способных доставлять радионуклид точно в цель, минимально затрагивая здоровые ткани. Ключевая роль здесь принадлежит векторной молекуле: именно от неё зависят аффинность к мишени, скорость вывода из организма и, в конечном счёте, безопасность для пациента [1].

Целью исследования является анализ развития векторных молекул с акцентом на их химическую природу, размер и фармакокинетические свойства.

В результате анализа удалось выделить четыре поколения векторных молекул. Первое поколение – малые молекулы и пептиды (1-5 кДа). Они быстро выводятся почками, обладают низкой иммуногенностью, но их аффинность часто недостаточна для прочного связывания с мишенью [4]. Второе поколение – полноразмерные моноклональные антитела (IgG) с молекулярной массой ~150 кДа. Они обладают высокой аффинностью (Kd до 10^{-10} М), но характеризуются медленным клиренсом (период полувыведения – дни), что приводит к повышенной лучевой нагрузке на печень и костный мозг [1]. Третье поколение – фрагменты антител (Fab, scFv) размером 15-50 кДа, которые быстрее выводятся из организма, но часто уступают полноразмерным антителам по аффинности [2]. Четвёртое поколение – скаффолды (искусственные каркасные белки). Они сочетают высокую аффинность (Kd до 10^{-9} М) с быстрым почечным клиренсом, устойчивы к ферментативному расщеплению и термической

денатурации [1]. Обособленно стоят нанотела (VHH-домены верблюдовых, размером ~15 кДа), которые по размеру близки к скаффолдам, но обладают уникальной способностью связывать «скрытые» эпитопы в щелях белков-мишеней [5].

Примером перспективной векторной платформы служит DARPin_9-29 – белок с анкириновыми повторами, специфичный к рецептору HER2 (аффинность Kd = 3,8 нМ). Он использован для функционализации липосом в системе биолюминесцентной резонансной передачи энергии (BRET), что позволило визуализировать HER2-положительные опухоли invivo [3]. Другой пример – аффибоди ABY-025, меченный ^{68}Ga, проходящий II–III фазы клинических испытаний для ПЭТ-визуализации HER2-экспрессии при раке молочной железы [1].

Таким образом, развитие векторных молекул в РФП идёт по пути компактизации при сохранении высокой аффинности: от малых молекул и пептидов (1 – 5 кДа) через антитела (~150 кДа) и их фрагменты (15 – 50 кДа) к скаффолдам (4 – 20 кДа) и нанотелам (~15 кДа). Маленький размер скаффолдов и нанотел обеспечивает быстрый почечный клиренс, снижая лучевую нагрузку на здоровые органы, а их высокая стабильность и технологичность производства делают их наиболее многообещающей платформой для создания РФП нового поколения.

Библиографический список

1. Ковальчук М.В., Деев С.М., Сергунова К.А. Таргетная ядерная медицина. Достижения, проблемы и перспективы // Российские нанотехнологии. – 2023. – Т. 18, № 4. – С. 436–455.
2. Щеглов С.Д. Иммуноконъюгаты как препараты таргетной онкотерапии // Российский биотерапевтический журнал. – 2024. – Т. 23, № 2. – С. 36–46.
3. Шрамова Е.И., Деев С.М., Прошкина Г.М. Векторная наноплатформа для прижизненной визуализации глубинных HER2-положительных опухолей с использованием биолюминесцентной резонансной передачи энергии // ActaNaturae. – 2024. – Т. 16, № 2 (61). – С. 72–81.
4. Бадун Г.А., Ларенков А.А. Производство изотопов и ядерная медицина: конспект лекций. – Москва: Химический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова.
5. Зырянов С.К., Затолочина К.Э. Перспективы применения радионуклидных лекарственных препаратов при лечении злокачественных новообразований в РФ // Качественная клиническая практика. – 2018. – № 2. – С. 51–55.

УДК 615.47

СЕМЕНОВА К.А., МЕЛУЗОВ А.Г.

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ОЖОГОВ (BTD – УСТРОЙСТВО)

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Устройство для лечения ожогов (BTD аппарат) было создано для решения ключевых проблем традиционной терапии ожоговых ран. Его основная задача ускорить заживление ожогов II–III степени, уменьшить боль и дискомфорт, снизить риск инфицирования и осложнений, а также сделать лечение более доступным и мобильным. Благодаря портативной конструкции устройство можно использовать не только в ожоговых центрах, но и в стационаре или в выездных условиях.

Принцип работы BTD аппарата основан на сочетании биологической терапии, физиологически обоснованного подхода к заживлению и цифровых технологий. Устройство распыляет на поверхность ожога биоактивное вещество, содержащее факторы роста и регенерации. Такое нанесение обеспечивает равномерное покрытие раны, стимулирует деление клеток кожи и способствует восстановлению эпидермиса без дополнительной механической травмы.

Физиологический эффект метода заключается в активации естественных процессов регенерации организма. Это помогает ускорить реэпителизацию, уменьшить воспаление и улучшить качество рубца. Важным элементом системы является цифровая платформа, в которой фиксируются данные о пациенте, рассчитываются параметры обработки и ведётся электронный журнал процедур. Это позволяет индивидуализировать терапию и контролировать динамику заживления.

По данным разработчиков, использование BTD устройства позволяет сократить сроки заживления ожогов II–III степени примерно в четыре раза с 180 до 45 дней. Кроме того, отмечаются уменьшение болевого синдрома, снижение выраженности рубцевания и более быстрое восстановление функции и внешнего вида поражённых участков. Для медицинских учреждений это означает сокращение длительности госпитализации, снижение затрат и повышение эффективности работы персонала.

Таким образом, BTD аппарат представляет собой перспективное решение в современной ожоговой медицине, позволяющее ускорить заживление, повысить безопасность терапии и улучшить качество жизни пациентов.

УДК 615.47

ТИМИНА А.С., МЕЛУЗОВ А.Г.

«ЖИВЫЕ» ИМПЛАНТАТЫ – ОТ КОНЦЕПЦИИ К КЛИНИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Современная регенеративная медицина переходит от инертных протезов к «живым» имплантатам – биоматериалам, способным расти, ремоделироваться и биодеградировать синхронно с тканями реципиента, что позволяет преодолеть такие ограничения традиционных устройств, как иммунное отторжение, ограниченный срок службы и необходимость повторных вмешательств.

Процедура имплантации предполагает установку не готового протеза, а активного биологического каркаса (скаффолда), созданного методами 3D-биопечати с использованием аутологичных стволовых клеток и наноструктурированных биочернил. Хирургический протокол включает прецизионную подготовку регенеративного ложа с сохранением васкуляризации, после чего в зону дефекта имплантируется конструкция, обладающая биосовместимостью и способностью к остеоинтеграции (для костных моделей). Пост-имплантационный период характеризуется миграцией клеток хозяина, неоангиогенезом и ключевым процессом – контролируемой биодеградацией матрикса, синхронизированной с темпом синтеза собственного внеклеточного матрикса, что обеспечивает бесшовную замену имплантата живой тканью без повторных операций.

Благодаря эффекту Ребиндера и управляемой трансформации материалов (например, переходу брушита в гидроксиапатит) достигается адаптация к механическим нагрузкам, pH и температуре, что критически важно для педиатрических пациентов.

Основными барьерами остаются высокая стоимость персонализированного производства, регуляторные требования к долгосрочной безопасности (контроль малигнизации, иммуногенности и скорости деградации), а также необходимость междисциплинарной стандартизации доклинических протоколов.

УДК 615.47

ШЕСТИПЁРСТОВА В.И, МЕЛУЗОВ А.Г., НОВОЖИЛОВА О.О.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОСЛОЖНЕНИЙ ПОСЛЕ ХИРУРГИЧЕСКИХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ЭЛЕКТРОННЫХ МЕДИЦИНСКИХ КАРТ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Интеллектуальная система прогнозирования послеоперационных осложнений позволит повысить качество медицинской помощи за счет раннего выявления пациентов из группы высокого риска.

Анализ данных из электронных медицинских карт (ЭМК) дает возможность учитывать широкий спектр факторов: демографические данные, анамнез, сопутствующие заболевания, результаты лабораторных и инструментальных исследований. Интеграция данных мониторинга физиологических показателей в реальном времени (артериальное давление, пульс, сатурация кислорода и т.д.) позволяет динамически корректировать прогноз в послеоперационном периоде.

Использование глубоких нейронных сетей для анализа медицинских изображений (рентген, КТ, МРТ) помогает выявлять скрытые признаки осложнений на ранних стадиях. Внедрение алгоритмов объяснимого ИИ (ExplainableAI) повысит доверие врачей к системе, поскольку позволит визуализировать логику принятия решений и ключевые факторы риска.

Автоматическое оповещение медицинского персонала при обнаружении тревожных признаков обеспечит своевременное вмешательство и профилактику осложнений (сепсиса, тромбозов, инфарктов и т.д.). Персонализированные рекомендации по профилактике и лечению, формируемые системой, помогут оптимизировать тактику ведения каждого пациента с учетом его индивидуальных особенностей.

Внедрение данной системы снизит частоту послеоперационных осложнений и летальность, сократит сроки пребывания пациентов в стационаре и уменьшит экономические затраты на лечение. Также накопление и анализ больших данных о послеоперационных осложнениях будет способствовать развитию научных исследований, совершенствованию клинических протоколов и обучению новых моделей ИИ. А расширение функционала системы до прогнозирования исходов различных видов лечения (не только хирургического) и мониторинг пациентов после выписки через мобильное приложение повысит общую эффективность медицинской помощи.

Подсекция 8.2

Промышленная биотехнология и биоинженерия

УДК 663.534

АБАРБАНЕЛЬ М.Н., КОМОВА Е.П.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ПРОИЗВОДСТВА БИОЭТАНОЛА ИЗ ДРЕВЕСНЫХ ОПИЛОК

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время во многих странах мира происходит активный поиск альтернативных возобновляемых источников энергии. Одним из этих источников является биоэтанол [1]. Приставка «био» означает, что сырьем для получения такого этанола являются различные виды биомассы.

Наиболее широко биоэтанол применяется в качестве добавки к топливу. Связано это с тем, что смесь этанола с бензином характеризуется более высоким октановым числом, что позволяет экономить нефтяные ресурсы. Также возможно использование биоэтанола в качестве самостоятельного топлива. Помимо этого, этанол может служить источником для синтеза множества химических веществ, а также использоваться в качестве растворителя.

В дополнение ко всему вышесказанному, стоит обратить внимание на экологический аспект производства. Добавление этанола к бензину способно снизить количество выхлопных газов, выделяемых автомобилями. Это является особенно актуальным для крупных городов. Само же производство не выделяет в окружающую среду токсичные сточные воды.

Таким образом, целью данной работы является разработка технологии производства биоэтанола из древесных опилок с использованием двух штаммов микроорганизмов: Talaromycescellulolyticus Y-94 для активной деградации целлюлозы и Saccharomycescerevisiae UV-20 для эффективного синтеза биоэтанола из полученных сахаров [2]. По сравнению с методами химической и физической переработки опилок, метод, описываемый в работе, позволяет избежать образования опасных для окружающей среды вредных побочных продуктов. Также этот способ дешевле из-за относительно низкой температуры процесса и отсутствия систем с повышенным давлением.

Существует широкий спектр видов сырья, пригодных для переработки в биоэтанол. Наибольшее внимание в настоящее время уделяется целлюлозосодержащему сырью. Связано это с тем, что многие виды такого сырья являются отходами производств лесопильной, целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленностей и, ввиду низкой востребованности, имеют низкую стоимость.

В данной работе в качестве источника получения биоэтанола были выбраны древесные опилки. Древесные опилки являются одним их самых распространенных отходов деревообрабатывающей промышленности и смежных отраслей. Отсюда вытекают их дешевизна и стабильное поступление на рынок. Кроме того, древесные опилки способны обеспечить эффективный синтез биоэтанола микроорганизмами [3].

Таким образом, основной идеей проекта является, в соответствии с принципами циркулярной экономики, обеспечить энергетическую отрасль страны экологически безопасным, возобновляемым и дешевым топливом.

Библиографический список

1. Молджанова Б.К. Биоэтанол: реальность и прогнозы // Мировая наука. – 2018. – № 11. – С. 185-189.
2. One-pot bioethanol production from cellulose by co-culture of Acremoniumcellulolyticus and Saccharomyces cerevisiae / Tanaka T., Ogino C., Fukuda H., Kondo A. // Journal of Bioscience and Bioengineering. – 2013. – Т. 115, № 3. – С. 256-260.
3. Чачина Н., Двоян А. Получение биоэтанола из органического сырья // Омский научный вестник. – 2014. – № 2. – С. 224-228.

УДК 661.746.2

КОСЕНКОВ К.А., КУЗИНА О.В.

БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ МОЛОЧНОЙ КИСЛОТЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ *ENTEROCOCCUS FAECIUM*НА ОТХОДАХ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время промышленное производство молочной кислоты осуществляется преимущественно за счёт культивирования молочнокислых бактерий или грибов. Однако использование грибов сопряжено с технологическими сложностями и экологическими рисками. Что касается молочнокислых бактерий, то для производства молочной кислоты используются, как правило, их палочковидные формы. Известно, что кокковые формы бактерий обладают большей скоростью роста, обеспечивающей, следовательно, ускорение накопления молочной кислоты в культуральной жидкости и сокращение производственного цикла. Поэтому использование кокковых форм молочнокислых бактерий для промышленного производства молочной кислоты представляется предпочтительным [1]. Текущие методы характеризуются высокой себестоимостью, низкой оптической чистотой продукта, а также значительным экологическим воздействиям из-за необходимости использования дорогих питательных сред и утилизации отходов [2].

Целью данной работы является проектирование технологической линии производства молочной кислоты биотехнологическим методом. Была оценена возможность использования различных питательных сред на основе отходов пищевых производств для получения молочной кислоты, проведен сравнительный анализ различных продуцентов молочной кислоты, подобрано основное оборудование для производства молочной кислоты биотехнологическим способом.

На основании анализа технической литературы было внесено предложение использовать в качестве продуцента кокковые формы бактерий, а именно *Enterococcusfaecium,* а в качестве питательной среды – отходы молочного производства – молочную сыворотку.

В рамках патента RU2205216C2 представлен штамм *Enterococcusfaecium B-2240D*, обладающий высокой скоростью роста, повышенной продуктивностью и синтезом молочной кислоты в L(+)-форме. Исследования показали его эффективность при культивировании на средах, содержащих отходы пищевых производств. Все представленные среды показали высокий выход целевого продукта. Наиболее предпочтительной средой является творожная сыворотка. За счет более быстрого роста биомассы, бактерии быстрее переходят к синтезу целевого продукта (молочной кислоты) и общее время технологического цикла производства сокращается [2].

Библиографический список

1. Патент RU2175014C2 Российская Федерация, МПК C 12 P 7/56//(C 12 P 7/56, C12 R 1:225). Способ получения молочной кислоты : N 2000109701/13 : заявл. 20.04.2000: опубл. 20.10.2001/ Исакова Долорес Михайловна ; Исакова Д.М. 6 с.
2. Патент RU2205216C2 Российская Федерация, МПК C 12 N 1/20, C 12 P 7/56//(C12 N 1/20, C 12 R 1:01). Штамм бактерий enterococcus faecium B-2240D - продуцент оптически чистой L(+)-молочной кислоты и промышленный способ получения L(+)-молочной кислоты или ее солей: N 2000125372/13 : заявл. 10.10.2000: опубл. 27.05.2003/ Морозов Василий Юрьевич ; Галкина Г.В., Илларионова В.И.

УДК 664.6:579.6

ЛЕБЕДЕВА Е.А., КАЛИНИНА А.А.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА КСАНТАНА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Ксантан – полисахарид, который производится микроорганизмами в процессе ферментации, относящийся к классу экзополисахаридов, вырабатывается микроорганизмами рода *Xanthomonas*. Благодаря комплексу уникальных физико-химических свойств его активно используют в самых разных сферах: от пищевой промышленности (в роли стабилизатора и загустителя с маркировкой Е145), до нефтедобычи, фармацевтики, текстильного производства и горнодобывающих технологий. Важным преимуществом ксантана считается экологическая безопасность и нетоксичность.

Потребности России в ксантане – стратегическом для страны продукте биотехнологии – оценивают в 16 000 тонн в год (12 000 млн руб). Но в нашей стране промышленного производства ксантана до сих пор не создано, хотя планы обсуждаются с середины 1920-ых годов. На территории Технопарка «Мордовия» планировали создать предприятие мощностью 2 тысячи тонн ксантана в год, однако проект не реализован. Активные исследования проводит Газпром («Промбиотех» и SioBio»»), который планирует проектирование и строительство завода мощностью 10 тысяч тонн ксантана в год. Поэтому и в настоящее время получение ксантана является актуальной задачей для России.

Целью работы проектирование технологической линии производства ксантана. Была оценена возможность использования различных питательных сред, проведен сравнительный анализ различных продуцентов ксантана, подобрано основное оборудование для производства ксантана.

Технологический процесс включает в себя следующие этапы: для начала наращивают биомассу на скошенных агаризованных питательных средах. После этого ее пересевают в колбы на жидкую питательную среду. Затем переносят культуральную жидкость в инокулятор, а из него в посевной аппатарат. По истечении 1-2 суток культуральную жидкость помещают в основной биореактор. Далее при пониженных значениях кислотности, в присутствии солей, проводится тепловая обработка. Описанный процесс включает стадии деактивации, удаления бактериальных клеток, осаждения ксантана, высушивания, измельчения. Поэтому он считается трудоемким и дорогостоящим, занимая около 70% всех затрат на производство ксантана.

Библиографический список

1. Ревин В.В., Лияськина Е.В. Биотехнология бактериальных экзополисахаридов : учеб. пособие / В.В. Ревин, Е.В. Лияськина. – Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2019. – 192 с.

2. Лияськина Е.В., Ревин В.В., Мухаммад Ваджид Улла. Выделение и характеристика продуцентов бактериальных экзополисахаридов и получение функциональных материалов на их основе : монография / Е.В. Лияськина, В.В. Ревин, Мухаммад Ваджид Улла [и др.]. – Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2022. – 212 с.
3. Патент RU2714638C1 Российская Федерация, МПК C12N 1/20, C12P 19/06, C12R 1/64. Штамм бактерии XANTHOMONAS THEICOLA - продуцент ксантана: N 2019131834 :заявл. 09.10.2019: опубл. 18.02.2020/ Ревин Виктор Васильевич, Лияськина Елена Владимировна; Ревин В.В. 6 с.

УДК576.54, 612.112

ОТСТАВНОВА Е.В., ПЛЕСКОВА С.Н.

ВЛИЯНИЕ ХЕМОАТТРАКТАЦИИ НА ФОРМИРОВАНИЕ ЭКСПРЕССИОННОГО ПРОФИЛЯ ЭНДОТЕЛИАЛЬНЫХ КЛЕТОК И НЕЙТРОФИЛОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Привлечение нейтрофилов к местам воспаления регулируется хемоаттрактантами и включает последовательное взаимодействие с эндотелием и внесосудистыми тканями. Начальный этап активации (роллинг) обеспечивается связыванием селектиновых рецепторов (P- и E-селектин) [1]. Второй этап (прочная адгезия и миграция) происходит благодаря образованию комплексов нейтрофильных интегринов (LFA-1, VLA-4) с эндотелиальными адгезинами (ICAM-1, VCAM-1). При воспалительном процессе рецепторы способны переходить в растворимую форму (sICAM-1, sVCAM-1, sP-, sE-селектины).

Целью данной работы является изучение процессов хемоаттрактации и профиля экспрессии рецепторов в системе «нейтрофил-эндотелиальная клетка».

Экспериментальная система для изучения миграции состояла из чашки Петри (35 мм) с монослоем эндотелиальных клеток линии EA.hy 926, к краю которой крепили герметичный контейнер для хемоаттрактанта с мембраной (14 кДа) в основании. Выделение нейтрофилов проводили согласно протоколу [2] из периферической венозной крови здоровых доноров на двойном градиенте фиколла-тразографа (ρ_1 = 1.077 г/м^3, ρ_2 = 1.110 г/м^3). Для детекции активных форм кислорода (АФК), клетки окрашивали красителем 6-Карбокси-H2DCFDA. Подбор красителя проводили методом проточной цитофлуориметрии. В качестве хемоаттрактантов использовали бактерии *Staphylococcusaureus*2879M, *Enterococcusfaecalis*645-p2, *Escherichiacoli*321, *Proteusmirabilis*649-2(20 MOI) и фактор некроза опухоли α (ФНОα, 0,5 нг/мл). Динамику миграции и продукцию АФК оценивали микроскопированием (x10) на инвертированном микроскопе ZeissAxioVert A1 (60 мин., интервал 2 мин.). Для выявления молекул адгезии нейтрофилы и эндотелиоциты инкубировали с бактериальными (10 MOI) и биохимическими агентами. Выделенные супернатанты и клеточные лизаты анализировали методом Вестерн-блоттинга согласно методикеThermoFisherScientific [3].

В результате работы подобран флуоресцентный краситель, позволяющий регистрировать морфологические изменения клеток, установлены направление и характер миграции нейтрофилов, а также профиль экспрессируемых молекул. Полученные данные указывают на активацию нейтрофилов, сопровождающуюся продукцией АФК и различиями в миграционной активности.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 23-74-00004.

Библиографический список

1. Souza J. E-selectin and P-selectin expression in endothelium of leprosy skin lesions / Souza Jd, Sousa J.R., Hirai K.E., Silva L.M., Fuzii H.T., Jr Dias L.B., Carneiro F.R., Aarão T.L., Quaresma J.A. // Acta Trop. – 2015. – Vol.149. – P.227–231.

2. Плескова С.Н. Влияние наночастиц магнетита и бактерий на активность НАДФН-оксидазы и миелопероксидазы нейтрофильных гранулоцитов человека / Плескова С.Н., Михеева Э. Р., Разумкова Е. В., Горностаева Е.Е. // Цитология. – 2017. – №59. – С. 867 - 873.
3. Western Blot Sample Preparation Protocol // Thermo Fisher Scientific URL: https://www.thermofisher.com/ru/ru/home/life-science/protein-biology/protein-biology-learning-center/protein-gel-electrophoresis-information/western-blot-protocols/western-blot-sample-preparation.html (дата обращения: 09.11.2025).

УДК 620.193.82

СОБОЛЕВА С.А., КАЛИНИНА А.А., ШУРАВИН А.С., СОКОЛОВА Т.Н.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИНГИБИРУЮЩЕГО ЭФФЕКТА СОЛЕЙ ТЕТРАЗОЛИЯ НА МИКОЛОГИЧЕСУЮ КОРРОЗИЮ СТАЛЕЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Микробиологически индуцированная коррозия (МИК) – процесс разрушения металлов под воздействием микроорганизмов и продуктов их метаболизма. Для подавления жизнедеятельности микроорганизмов, вызывающих коррозию металлов, и снижения скорости коррозионных процессов используют ингибиторы МИК. Ранее было показано, что соли тетразолия могут быть использованы в качестве ингибиторов бактериальной коррозии металлов [1]. Целью настоящей работы явилось изучение влияния солей тетразолия на динамику коррозионного процесса в условиях воздействия микромицетов на металл.

В качестве тест-объектов использовали сталь марок Ст10 и С245 как одни из самых распространенных в машиностроении и строительстве. Испытания образцов проводились под воздействием наиболее коррозионно-активного микромицета, выявленного в результате скрининга – *Paecilomycesvariotii.*

Было проведено исследование фунгицидных свойств 2,3,5-трифенилтетразолия хлорида (ТФТ) и иод-нитротетразолия хлорида (ИНТ) диско-диффузионным методом в трех концентрациях. Установлено, что ТФТ и ИНТ не обладают фунгицидными свойствами.

На поверхности металлов проведена адсорбция ТФТ и ИНТ (1 ммоль/л) в течении 3 минут для образцов стали Ст10 и 7 минут для С245. Образцы заложены на питательную среду со спорами микромицетов. Экспозиция проводилась при 28 °С в течение 30 суток. Оценка ингибирующего действия солей тетразолия осуществлялась на основе анализа содержания активных форм кислорода в экссудате на поверхности металла и гравиметрических исследований.

При сравнении полученных данных содержания пероксида водорода в экссудате на поверхности образцов стали Ст10 наблюдалось снижение концентрации на модифицированных металлах по сравнению с контрольными образцами. Абсолютного снижения концентрации пероксида водорода в случае С245 выявлено не было.

Гравиметрический анализ включал в себя обработку поверхности в следующей последовательности: автоклавирование (t = 115 °С, Р = 1,5 атм.); ультразвуковая очистка в течение 10 минут (t = 70 °С, частота 20-30 кГц); травление по стандартной методике [2]. Установлено, что ТФТ не оказывает ингибирующего эффекта при длительной экспозиции, так как потери массы модифицированного металла превышают потери массы контрольных образцов Ст10 и С245. Потери массы металлов, обработанных ИНТ, больше по сравнению с контролем в случае с Ст10 и меньше – в случае с С245. Но в обоих случаях потери образцов, модифицированных ТФТ, превышают потери образцов, модифицированных ИНТ.

Таким образом, соли ТФТ и ИНТ практически не оказывают ингибирующего эффекта на микологическую коррозию металлов, однако полученные результаты позволяют продолжить исследования с другими солями тетразолия, в том числе, имеющими повышенное сродство к поверхности металла.

Библиографическийсписок

1. Tetrazolium salts as inhibitors of bacterial corrosion of metals / A.A. Kalinina, T.N. Sokolova, E.P. Komova [et al.] // International Journal of Corrosion and Scale Inhibition. – 2023. – Vol. 12, Issue 4, – P. 2239-2255. – DOI: 10.17675/2305-6894-2023-12-4-37
2. ГОСТ 9.907-2007. Единая система защиты от коррозии и старения. Металлы, сплавы, покрытия металлические. Методы удаления продуктов коррозии после коррозионных испытаний. Введ. 2009-01-01. – М.: Стандартинформ, 2008. – 19 с.

УДК 579.66

ЧЕРНОВ А.С., ПЛОХОВ С.В.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПОЛУЧЕНИЯ РЕКОМБИНАНТНОГО БЕЛКА ФНО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ШТАММА ESCHERICHIA COLI

Нижегородский государственный технический университет имени Р. Е. Алексеева

Фактор некроза опухоли (ФНО-альфа) является плейотропным цитокином, играющим ключевую роль в иммунорегуляции и обладающим цитотоксической активностью в отношении опухолевых клеток, что определяет его высокую значимость для разработки противоопухолевых препаратов и диагностических систем.

Выделение нативного ФНО из крови человека или культуральных жидкостей отличается низким выходом целевого продукта и высокими экономическими затратами, что делает биосинтез рекомбинантного белка с использованием генно-модифицированных микроорганизмов наиболее эффективной альтернативой.

В связи с этим целью настоящей работы является модернизация технологической линии производства рекомбинантного белка ФНО с использованием штамма *Escherichiacoli*.

В качестве модернизации технологической линии предлагаем использовать непрерывную хроматографическую очистку SMB (SimulatedMovingBed) вместо обычной хроматографии [1]. Принцип действия SMB основан на имитации противоточного движения твердой фазы (сорбента) относительно жидкой фазы (элюента) за счет периодического переключения клапанов на нескольких колонках. Это позволяет организовать непрерывную подачу исходного раствора и отбор целевых фракций без остановок цикла, характерных для классической периодической хроматографии. Основные преимущества непрерывной хроматографии по сравнению с периодической представлены в табл. 1.

Таблица 1

Преимущества непрерывной хроматографии по сравнению с периодической хроматографией

Показатель	Преимущества от использования SMB
Расход элюента и сорбента	Снижается на 30-50 %
Выход целевого белка	Увеличивается на 20-30 %
Производительность	Процесс идет без остановок, что позволяет перерабатывать большие объемы быстрее.

Таким образом, технологическая линия производства, включающая стадию непрерывной хроматографии SMB, позволяет повысить экономическую эффективность производства рекомбинантного ФНО, сократить расход дорогостоящих сорбентов и элюентов, а также увеличить выход готового продукта. Полученный препарат может быть использован для создания лекарственных средств или компонентов диагностических наборов.

Библиографический список

1. Кузнецов А.С., Панов А.В. Непрерывная хроматография в биотехнологии: принципы и применение для очистки белков // Биотехнология. – 2014. – № 5. – С. 8–19.

СЕКЦИЯ 9

ХИМИЯ, ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И НАНОТЕХНОЛОГИИ

УДК 66-5

АГЕЕВ А.С., АЛЕКСАНДРОВ П.А., ДИКОВ В.А.

САМОРЕГУЛИРУЕМЫЙ ГИДРОЦИКЛОН С ПОВЫШЕННОЙ НАДЁЖНОСТЬЮ В РАБОТЕ

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Гидроциклонные аппараты нашли широкое применение в химической, нефтехимической, пищевой и других отраслях промышленности, в частности для очистки сточных вод.

На кафедре «Технологическое оборудование и транспортные системы» (ТОТС) ДПИ НГТУ им. Р.Е. Алексеева в течении ряда лет совершенствуют конструкцию этих аппаратов, используя внутренние резервы самого аппарата. Так, была предложена конструкция гидроциклонного аппарата (патент РФ № 2835258), в котором для повышения надёжности работы аппарата относительно забивки пескового патрубка используется энергия давления разделяемой среды на входе в аппарат и энергия давления струи сгущённой в аппарате суспензии.

Конструкция аппарат показана на рис.1.

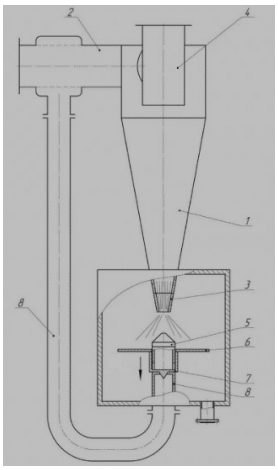


Рис.1. Саморегулируемый гидроциклон

Гидроциклон работает следующим образом. Исходная разделяемая суспензия под давлением через входной патрубок *2* поступает в корпус *1* гидроциклона, где приобретает вращательное движение. Под действием центробежных сил происходит разделение суспензии, при этом твердые частицы в виде сгущенной суспензии выводятся из гидроциклона через песковый патрубок *3*, а осветленная жидкость выводится через сливной патрубок *4*. При штатном режиме работы гидроциклона давление струи сгущенной суспензии, выходящей из пескового патрубка *3*, воздействует на пластину *6*, а через нее на клапан *7*, прижимая его к седлу клапана, перекрывая доступ суспензии из входного патрубка *2* через трубопровод *8* к размывочному соплу *5*. При забивке пескового патрубка *3* сгущенной суспензией давление струи сгущенной суспензии на пластину *6* становится равным нулю. Клапан *7*, жестко со-

единенный с пластиной *6*, не прижимается к седлу клапана, в результате чего за счет давления суспензии из трубопровода *8* клапан *7* поднимается, открывая путь суспензии из входного патрубка *2* к размывочному соплу *5*. Струя жидкости из размывочного сопла *5* начинает размывать забившееся песковое отверстие. После устранения забивки восстанавливается струя сгущенной суспензии из отверстия пескового патрубка *3*, давление которой воздействует через пластину *6* на клапан *7*, прижимая его к седлу клапана и перекрывая доступ суспензии из входного патрубка *2* к размывочному соплу *5*. Гидроциклон возвращается к штатному режиму работы.

Таким образом в предложенной конструкции за счёт использования внутренних резервов самого аппарата происходит автоматическое устранение забивки пескового патрубка без подвода внешней энергии и остановки работы аппарата.

УДК 66.069.832

БАДЕЕВ С.А., КОСЫРЕВ В.М., ДИКОВ В.А., ЗАЙЦЕВ А.А.

КОНСТРУКТИВНЫЕ РАЗНОВИДНОСТИ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ФОРСУНОК

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Целью настоящей работы является анализ существующих технических решений с целью отбора перспективных и разработки на их основе новой конструкции форсунки – устройства для распыления различных технологических жидкостей. Рассмотрим отобранные конструкции форсунок

Форсунки с аксиально-подвижными запорно-регулирующими элементами. Характерным примером данной категории является центробежно-струйная форсунка по патенту РФ 2271872. Конструкция содержит корпус с выходным отверстием и концентрично установленную камеру завихрения. Форсунку отличает установленная в отверстии крышки камеры подпружиненная втулка с возможностью аксиального перемещения. При изменении параметров подводимой жидкости (давление, расход) втулка смещается, изменяя проходное сечение и стабилизируя процесс образования вращающегося кольцевого потока.

Форсунки с упругими деформируемыми элементами. Здесь для регулирования проходного сечения используется энергия упругой деформации. Например, в АС СССР 153766 изменение площади завихряющих каналов осуществляется упругими элементами, в пазах завихрителя. При изменении давления они деформируются, автоматически изменяя геометрию проточных каналов.

Форсунки с принудительно вращаемыми элементами (ротационно-центробежные). В данных конструкциях внутри камеры закрутки на валу устанавливается подвижный распыливающий элемент, приводимый во вращение от внешнего привода. Согласно АС СССР 1316707, распыливающий элемент выполнен в виде консольно установленных радиальных спиц, концы которых скруглены по радиусу, равному внутреннему радиусу корпуса. Недостаток устройства – необходимость внешнего привода.

Форсунки со свободно перемещающимися телами качения. По АС СССР 1205939 в камере закрутки свободно размещены один или несколько шариков, а подвод жидкости выполнен через упругую вставку. Под действием вращения потока жидкости, шарики прижимаются центробежной силой к стенке камеры и катятся по ней, создавая возмущения в потоке, смещая центр масс. Возникают круговые осесимметричные колебания форсунки. Как результат – выше производительность и равномерность орошения. Минус – износ корпуса.

Форсунки с вращающимися лопастными элементами. С учетом минуса предыдущей идеи-прототипа, была предложена форсунка с подвижным элементом на оси в форме изогнутой пластины. Согласно патенту РФ 2792516, пластина имеет отогнутый конец дугового профиля, направленный в сторону, обратную направлению её вращения, а центр масс пла-

стины смещён относительно оси камеры закрутки. Устройство обеспечивает вращение пластины без износа стенок. Вращение интенсифицирует турбулентность в центральной зоне, обеспечивает круговые осесимметричные колебания, что повышает производительность форсунки при заданном давлении и улучшает качество распыла без износа элементов корпуса.

Форсунки с организацией встречно-закрученных потоков. Согласно патенту РФ 2479358, конструкция включает две ступени завихрения: первая ступень выполнена в виде винтовой пластины на штоке, вторая – в виде завихрителя с тангенциальными вводами. Похожее решение – патент РФ RU 2339876. Центробежная форсунка, которая включает корпус с камерой, где расположен шнек с винтовой внешней канавкой, а под шнеком – камера смешения, состоящая из цилиндрической и конической частей. Направление винтовой нарезки отверстия внутри шнека может быть как попутным, так и противоположным направлению внешней нарезки.

Интересные решения найдены. Они будут использованы в дальнейшей нашей работе.

УДК 661.74

БАЙДАЧЕНКО В.Е., ОТОПКОВА К.В., ЕСИПОВИЧ А.Л., СМИРНОВ М.А., БАРИНОВ Д.С.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА НЕПРЕРЫВНОЙ ЭТЕРИФИКАЦИИ ЖИРНЫХ КИСЛОТ В ПРИСУТСТВИИ ГИПЕРСУЛЬФИРОВАННОГО КАТИОНИТА

Нижегородский технический государственный университет им. Р.Е. Алексеева

Рост спроса на экологически чистое возобновляемое сырье стимулирует развитие новых технологий получения метиловых эфиров жирных кислот (МЭЖК). МЭЖК – перспективное и экологичное сырье для химической промышленности. Благодаря своим физико-химическим свойствам МЭЖК широко применяются в производстве поверхностно-активных веществ (ПАВ), пластификаторов, смазочных материалов и косметических средств, а также выступают в роли основного компонента биодизельного топлива. Широкий спектр применения этих продуктов требует создания эффективных методов синтеза, соответствующих принципам «зеленой химии».

Целью данной работы является исследование процесса непрерывной этерификации жирных кислот в присутствии гиперсульфированного катионита. Использование гиперсульфированного катионита обеспечивает высокую каталитическую активность при умеренных температурах и возможность многократного использования катализатора без значительной потери эффективности. А в отличие от традиционных гомогенных методов, использование гетерогенного катализатора позволяет избежать стадии нейтрализации и упростить очистку целевых эфиров. Переход к непрерывному режиму синтеза открывает возможности для эффективного масштабирования технологии и снижения энергозатрат.

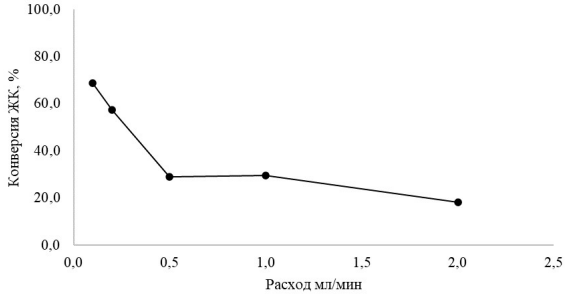


Рис.1. Зависимость конверсии жирных кислот от расхода сырья

В работе изучено влияние расхода сырья на конверсию жирных кислот. Этерификацию жирных кислот проводили в колонне объемом 10 мл, заполненной 2,5 г гиперсульфированного катионита, при температуре 60 °С и мольном соотношении ЖК:МеОН 1:10, варьируя расход сырья. Результаты представлены на рис.1.

УДК 544.478.1 628.349.094.3

БАРИНОВ Д.С.[1,2], ЧУЖАЙКИН И.Д.[2], БАЙДАЧЕНКО В.Е.[2], БАРИНОВА Т.А.[2], БОНДАЛЕТОВ В.Г.[1]

ОЦЕНКА ДЛИТЕЛЬНОЙ СТАБИЛЬНОСТИ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ СИЛИКАЛИТОВ Fe–Cu, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ЛИМОННОЙ КИСЛОТОЙ, В ПРОЦЕССАХ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

[1]Национальный исследовательский Томский политехнический университет
[2]Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Проблема очистки сточных вод от фенольных соединений является одной из наиболее актуальных задач современной экологической химии. Гетерогенные катализаторы на основе биметаллических силикалитов Fe-Cu демонстрируют высокую эффективность в процессах окисления органических загрязнителей пероксидом водорода. Однако ключевым ограничением их промышленного применения остаётся низкая стабильность активных центров, проявляющаяся в выщелачивании металлов в реакционную среду. Это приводит к дезактивации катализатора, снижению его ресурса и вторичному загрязнению очищенной воды ионами тяжёлых металлов. В связи с этим разработка методов стабилизации активных компонентов в структуре цеолита представляет собой важную научно-техническую задачу.

Целью данной работы явилась оценка длительной стабильности биметаллического силикалита П.3.МЛ, модифицированного лимонной кислотой в мольном соотношении металлы : кислота = 1:1,5, в длительном режиме окисления фенола. Стабильность катализатора оценивали по степени выщелачивания железа и меди, а также по сохранению каталитической активности в повторных циклах.

Таблица 1
Показатели стабильности катализатора П.3.МЛ

Цикл	$ХПК_0$, мг/л	$ХПК_к$, мг/л	Степень превращения фенола, %	Степень минерализации, %	Степень превращения ПВ, %	Выщелачивание металлов, мг/л
1	5000	725	100	85,51	84,93	Fe – 1,5 Cu – 11,9
2	5000	900	100	82,02	73,26	Fe – 1,2 Cu – 1,4
3	5000	1050	100	79,00	69,03	Fe – 0,6 Cu – 0,3
4	5000	1175	100	76,51	64,02	Fe – 0,8 Cu – 0,1
5	5000	1465	100	70,69	55,06	Fe – 0,5 Cu <0,1
6	5000	1275	100	74,51	56,46	Fe – 0,5 Cu <0,1
7	5000	1630	100	67,37	52,81	Fe – 0,3 Cu <0,1
8	5000	1520	100	69,64	53,44	Fe – 0,3 Cu <0,1
9	5000	1535	100	69,31	41,98	Fe – 0,2 Cu <0,1
10	5000	1520	100	69,64	39,51	Fe – 0,1 Cu <0,1

Условия: pH = 3; T = 70 °C; $C_{фенол}$ = 2000 мг/л; $C_{кат}$ = 5 г/л; τ = 60 мин; мольное соотношение ПВ: фенол = 28:1

Модификация биметаллических силикалитов Fe-Cu лимонной кислотой обеспечивает высокую стабильность катализатора: степень разложения фенола сохраняется на уровне 100%, а резкое снижение выщелачивания металлов со второго цикла свидетельствует об удалении непрочно закрепленных активных центров на первых циклах окисления и сохранении стабильной каталитической системы на основе прочно закрепленных в структуре цеолита ионов металлов.

УДК 542.97

БАРИНОВА Т.А., БАРИНОВ Д.С., НАЙДЕНКОВА А.А., КУЛАКОВ М.Е.

РОЛЬ ГИДРОКАРБОНАТ-ИОНОВ В СТАБИЛИЗАЦИИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО ЦЕНТРА PW4 ПРИ ЭПОКСИДИРОВАНИИ МЭЖК

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Полиоксометаллаты (ПОМ) – эффективные катализаторы эпоксидирования объемных органических субстратов. Их высокая активность связана со способностью образовывать пероксокомплексы (ППОМ) в присутствии H_2O_2, выступающие аналогами надкислот. Высокая эффективность ПОМ в гомогенном селективном окислении органических соединений стимулировала многочисленные попытки создания гетерогенных катализаторов путем иммобилизации ПОМ на различных носителях.

В рамках данной работы изучено влияние ионов гидрокарбоната на поверхности модифицированной полистирольной матрицы в процесс эпоксидирования МЭЖК результаты представлены на рис.1.

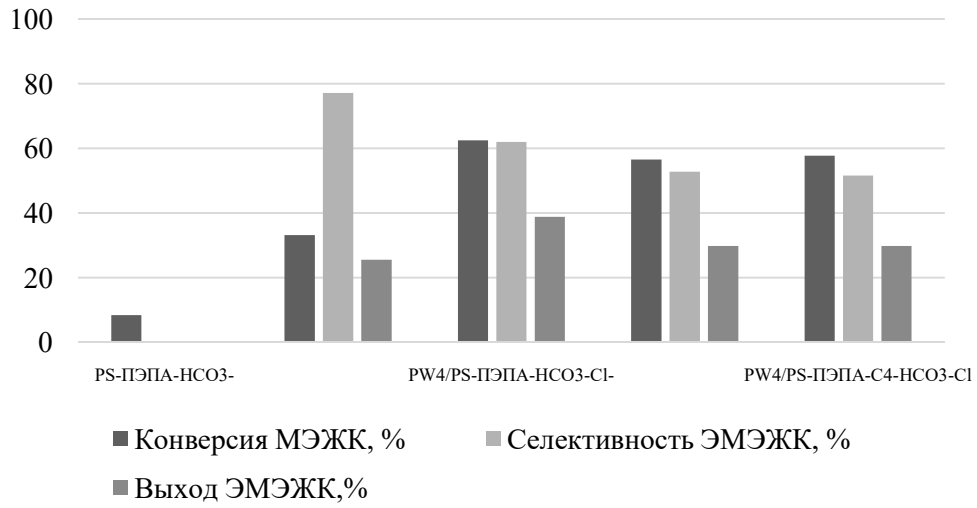


Рис1. Влияние ионов гидрокарбоната на процесс эпоксидирования МЭЖК

Гидрокарбонат на поверхности полимерной матрицы не активен в отношении эпоксидирования МЭЖК, но он выступает в качестве буфера тем самым повышая активность комплекса PW4, что видно из данных рисунка. Полное удаление HCO^{3-} путем обработки соляной кислотой с последующим нанесением пероксокомплекса снижает показатели процесса эпоксидирования, так же, как и кватернизация азота хлористым бутилом в привитом ПЭПА.

УДК 66.02

БУХАРОВ Д.М., СИДЯГИН А.А., СТЕПЫКИН А.В., ЧИРКОВ М.А.

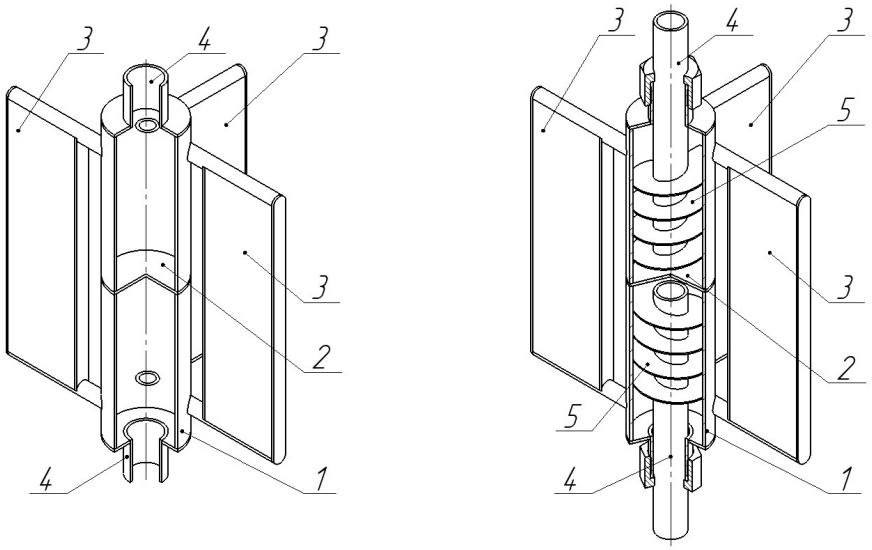
ОПТИМИЗАЦИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ПОТОКА В ЦЕНТРАЛЬНОМ КОЛЛЕКТОРЕ ТЕПЛО-МАССООБМЕННОГО УСТРОЙСТВА

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Комбинированные тепло-массообменные устройства, сочетающие в своей конструкции насадочные и теплообменные элементы, находят применение во многих процессах химической технологии (ректификация, абсорбция, десорбция и пр.). Их применимость продиктована необходимостью поддержания температурного режима по высоте колонных аппаратов и интенсификации тепло и массобменных процессов при компактности габаритов.

Эффективность работы теплообменных элементов комбинированных контактных устройств во многом определяется гидродинамической структурой потоков теплоносителя. Формирование застойных областей приводит к снижению эффективной поверхности теплообмена, а также появлению локальных зон перегрева или недоохлаждения.

Рассматривается конструкция теплообменного модуля тепло-массообменного устройства [1] (рис. 1, *а*) включающая в себя: центральный коллектор, разделенный горизонтальной перегородкой на две области и четыре теплообменные пластины, присоединенные к коллектору. Жидкий теплоноситель подается в нижнюю секцию коллектора, откуда попадает в теплообменные пластины и отводится в верхней части коллектора. При этом в базовой конструкции входные и выходные отверстия патрубков пластин расположены вблизи периферийной зоны коллектора.



(а) (б)

Рис.1 Конструкции теплообменного модуля тепло-массообменного устройства:
(а) – исходная; (б) – модернизированная; 1 – коллектор; 2– перегородка; 3 – т/о пластина; 4 – патрубок; 5 – завихритель

Анализ гидродинамической структуры потока в данной конфигурации показывает, что подобное расположение патрубков приводит к формированию выраженной неравномерности распределения скоростей, что приводит к формированию застойных зон. Причинами данного явления являются отсутствие развитой осевой компоненты скорости. Таким образом, возникает задача вовлечения центральной зоны коллектора в общий процесс циркуляции и выравнивания полей скоростей.

Для решения описанной проблемы предлагается увеличить увеличение эффективной длины распределения потока за счёт углубления входной/выходной части коллектора в направлении перегородки и установка завихрителя внутри его объёма [2] (рис. 1б).

Результатом применения предложенных решений является устранение застойных зон в центральной части коллектора и повышение эффективной поверхности теплообмена.

Библиографический список

1. Патент № 2806946 C1 Российская Федерация, МПК B01D 3/28. Тепломассообменное-устройство : № 2022125116 : заявл. 26.09.2022 :опубл. 08.11.2023 / Д. М. Бухаров, А. В. Степыкин, А. А. Сидягин ; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева". – EDN ZXYGZX.
2. Патент № 2847848 C1 Российская Федерация, МПК B01D 3/28, B01D 1/30, F28D 9/02. Тепломассообменное устройство с завихрителем :заявл. 27.12.2024 :опубл. 15.10.2025 / А. А. Сидягин, Д. М. Бухаров, А. В. Степыкин [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева". – EDN NPZOBF.

УДК 621.357; 669.21/23

ВАСИН Е.Н., САДЫКОВ Е.М., ИВАШКИН Е.Г., КУПЧИШИН М.В., КУЗНЕЦОВ Е.М.

ПОВЫШЕНИЕ РАССЕИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ДИЦИАНОАРГЕНТАТНОРОДАНИСТОГО ЭЛЕКТРОЛИТА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Гальванический способ нанесения серебряных покрытий получил большое распространение ввиду следующих преимуществ [1], перечисленных далее.

1. Простота и универсальность применяемого оборудования.

2. Высокие скорости осаждения. Возможность получения покрытия строго определенной толщины, что особенно актуально при работе с драгоценным металлом.

3. Возможность длительной эксплуатации электролитов без снижения качества покрытия.

4. Получение мелкокристаллических, плотноупакованных покрытий;

К недостаткам электролитического способа можно отнести названные далее.

1. Относительно невысокая рассеивающая способность. Неравномерность толщины гальванопокрытия создаёт опасность снижения его защитных свойств, так как в глубоких отверстиях и пазах сложнопрофилированных деталей толщина покрытия может быть ниже минимальной, вплоть до отсутствия покрытия или получения осадка высокопористой структуры.

2. В ряде случаев существует необходимость операции предварительного серебрения в разбавленном по металлу электролиту, что усложняет технологию и увеличивает её стоимость;

3. Сложности анодного процесса в некоторых электролитах, не содержащих свободного цианида калия или натрия (железистосинеродистый, пирофосфатный);

4. Высокая стоимость электролитов ввиду высокой концентрации основных компонентов и дороговизны их.

В данной работе проведено исследование возможности повышения рассеивающей способности широко распространённого электролита гальванического серебрения, по рецептуре и режимам соответствующего [2]. Для решения поставленной задачи использованы добавки жёлтой кровяной соли и хлорида калия. Выбор обоснован тем, чем данные соли удовлетворяют следующим требованиям:

1) не оказывают отрицательного влияния на качество гальванопокрытий;

2) индифферентны по отношению к остальным компонентам электролита (или полупродуктами электродных превращений) и не вступают во взаимодействие с ними;

3) не являются высокотоксичными веществами.

Для сравнительного анализа влияния добавок на электропроводность необходимо оценить влияние на этот параметр концентрации основных компонентов электролита. Для исследования приготовлены составы, приведенные в табл. 1.

Таблица 1

Электролиты для исследования электропроводности

Компонент	Номер состава	
	1	2
	Концентрация, г/л	
Ag (в пересчёте на металл)	36,0	48,0
KSCN	205,0	248,0
K_2CO_3	25,0	25,0
pH	11,02	11,35
d, г/см^3	1,12	1,158
χ, мСм·см$^{-1}$ (25 °С)	174,8	218,7

Как видно из представленных данных, повышение концентрации основных компонентов способствует увеличению удельной электропроводности на 20%, однако ввиду дороговизны основных компонентов – дицианоаргентата и роданида калия – такой способ повышения электропроводности экономически не оправдан.

Для исследования взят базовый электролит состава 1 из таблицы. В двух разных порциях его ступенчато повышалась концентрация солей и производилось измерение удельной электропроводности.

Результат эксперимента приведён на рис. 1.

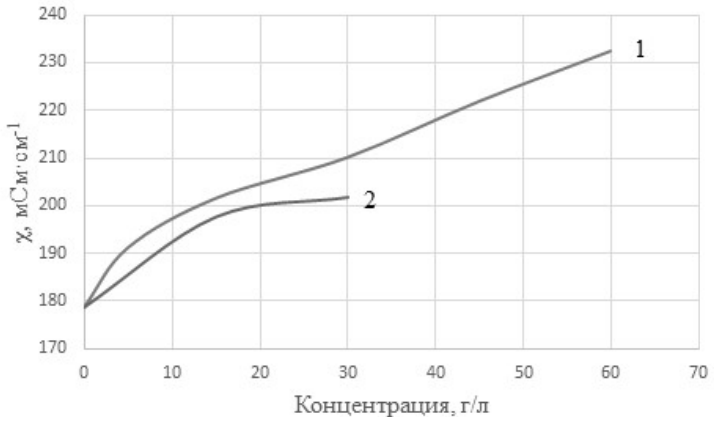


Рис.1. Зависимость электропроводности ДЦАР от концентрации добавок при t = 25 °С:

1 – с добавкой KCl (верхняя кривая);

2 – с добавкой K4[Fe(CN)$_6$]·3H$_2$O (нижняя кривая)

Как видно из представленной зависимости, данные соли оказывают значительное влияние на удельную электропроводность электролита. Так, изменение концентрации KCl от 0 до 60 г/л ведёт к увеличению электропроводности на 23,21 %, с повышением концентрации $K_4[Fe(CN)_6]\cdot 3H_2O$ от 0 до 30 г/л удельная электропроводность возрастает на 11,45 %. Дальнейшее повышение концентрации ферроцианида оказалось невозможным, т.к. 30 г/л в данном случае – это уже насыщенный раствор.

Таким образом, на наш взгляд рационально предварительно обозначить следующие концентрации добавок:

для KCl – 15 – 45 г/л

для $K_4[Fe(CN)_6]\cdot 3H_2O$ – 10 – 25 г/л

После приготовления электролит необходимо выдержать и отфильтровать в случае образования осадка, сдав осадок на утилизацию как серебросодержащий отход. В электролите состава (г/л): Ag – 40.09, KSCN – 226.89, K_2CO_3 – 23.49, KCl – 20.0, $K_4[Fe(CN)_6]\cdot 3H_2O$ – 15.1 удельная электропроводность составляет 245,0 мСм·см$^{-1}$, что значительно выше, чем в электролите 2 из таблицы. Рассеивающую способность проверяли в ячейке Молера. Состав электролита без добавок следующий (г/л): Ag – 45.0, KSCN – 230.0 K_2CO_3 – 27.0. Исследовался диапазон плотностей тока от 1.0 до 1.5 А/дм^2. Результат приведён на рис. 2.

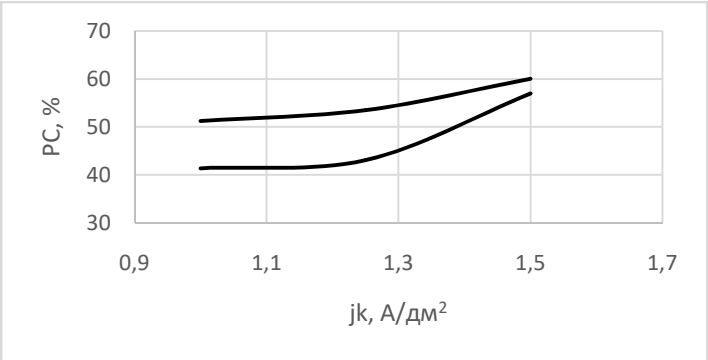


Рис. 2. Зависимость рассеивающей способности (РС) от катодной плотности тока (jk) в электролите с добавками (верхняя кривая), без добавок (нижняя кривая)

Как видно из представленных данных, выбранный способ воздействия на рассеивающую способность даёт существенный результат.

Библиографический список

1. Буркат, Г.К. Электроосаждение драгоценных металлов / Г.К. Буркат. – СПб.: Политехника, 2009. – 188 с.
2. ОСТ 107.460092.001-86. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Типовые технологические процессы. Книга 1. Введ. 01.04.1987. Москва. 1987. 259 с.
3. ГОСТ 9.309-86. ЕСЗКС. Покрытия гальванические. Определение рассеивающей способности электролитов при получении покрытий. – Введ. 01.01.87. – М.: Изд-во стандартов. – 9 с.

УДК 541.64

ВИХИРЕВА А.Д.[1,2], ВДОВИНА О.С.[2], ШИРШИН К.В.[1]

СИНТЕЗ СОПОЛИМЕРОВ ДИАЛЛИЛАММОНИЙ ХЛОРИДА С АКРИЛАМИДОМ ДЛЯ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

[1] Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева
[2] ООО «Компания Хома»

С учетом современной экологической политики целлюлозно-бумажная промышленность ориентируется на использование вторичного сырья при производстве бумаги и картона. В промышленном производстве это приводит к ряду технологических трудностей, например, снижение прочностных показателей бумаги и картона, низкое удержание волокна на сеточном столе бумагоделательной машины, высокая катионная потребность макулатурной массы, низкое качество формования, снижение скорости обезвоживания бумажного полотна и т.д. Для решения перечисленных проблем всё больше применяют специальные полимер-

ные материалы. Поэтому разработка технологии их получения и исследование свойств является актуальной задачей.

В этой области давно известны и широко применяются полиакриламиды, причем именно катионные полимеры акриламида (АА). Целлюлозные волокна и примеси, содержащиеся в макулатурной массе, имеют природный анионный заряд. Наличие катионных групп в полимере позволяет связывать большинство анионных загрязнений. В качестве катионного сомономера применяются различные мономеры, содержащие положительно заряженную аммонийную группу, в частности особый интерес представляет диаллиламмоний хлорид (ДААХ). Особенностью аллиловых соединений является наличие лабильной С-Н связи в метиленовой группе в α-положении к двойной связи, что делает их активными агентами передачи цепи при радикальной полимеризации.

Целью данной работы является изучение процесса радикальной сополимеризации ДААХ и АА, а также проведение анализа эффективности полученных полимеров при их использовании в качестве агентов, улучшающих свойства бумаги и картона.

Методом радикальной полимеризации в водном растворе были синтезированы лабораторные образцы сополимеров акриламида с диаллиламмоний хлоридом различного состава. Молекулярно-массовые характеристики полученных образцов анализировали с помощью гель-проникающей хроматографии, а состав сополимеров подтверждали методом ИК-спектроскопии. Проводился анализ эффективности действия полученных образцов при использовании в качестве агентов, улучшающих свойства бумаги и картона. Эффективность оценивалась по изменению скорости обезвоживания бумажной массы, удержанию мелкого волокна и наполнителей на сетке при отливе и упрочнению бумаги в сухом состоянии. Изучено влияние молекулярной массы и заряда полимера на прочностные характеристики бумаги и картона, а также на показатели отлива бумаги. Было определено, что в исследуемом диапазоне мономерного состава, наибольшей эффективностью обладают образцы с содержанием диаллиламмоний хлорида в исходной мономерной смеси 22,4 мол.%. Полимер с данным содержанием катионного мономера показал лучшее время обезвоживания бумажной массы, наибольшее удержание на сетке и хороший прирост прочностных показателей бумаги.

УДК 66.048.3

ГОРЮНОВ Н.С., СИДЯГИН А.А.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ И МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНТАКТНЫХ УСТРОЙСТВ В КОЛОННЫХ АППАРАТАХ

Дзержинский политехнический институт (филиал)НГТУ им. Р.Е. Алексеева

В современных химических технологиях выбор материала контактных устройств (насадок) для колонных аппаратов является ключевым фактором, определяющим эффективность массообмена, эксплуатационные расходы и долговечность оборудования. Традиционно применяемые металлические насадки (стальные, керамические) в ряде случаев уступают место полимерным аналогам. Данная работа посвящена сравнительному анализу технико-экономических показателей полимерных и металлических насадок для регулярных и нерегулярных конструкций.

Нерегулярные (насыпные) насадки, такие как кольца Рашига или седла «Инталокс», в полимерном исполнении демонстрируют ряд преимуществ. Благодаря малой плотности полипропилена или фторопласта (0,9–1,2 г/см³ против 7,8 г/см³ у стали) снижается нагрузка на опорне решетки и масса колонны в целом, что упрощает монтаж [1]. Химическая стойкость полимеров к агрессивным средам (щелочам, кислотам) зачастую превышает стойкость углеродистых сталей без специальных покрытий, что увеличивает ресурс работы насадки.

Регулярные (блочные) насадки из пластика, изготавливаемые методом 3D-печати, позволяют создавать сложные геометрические формы с высокой удельной поверхностью (до 200 м²/м³) и низким гидравлическим сопротивлением. Смачиваемая поверхность полимеров может быть специально структурирована для улучшения растекания пленки жидкости, что интенсифицирует массообмен. Однако важно отметить более низкую механическую прочность пластиков при высоких температурах (рабочий диапазон полипропилена обычно до 100–120°C, против более 300°C у стали), что ограничивает их применение в высокотемпературных процессах.

Экономическая целесообразность применения пластиковых насадок складывается из нескольких факторов. Во-первых, значительно более низкая стоимость самого материала и изготовления (литье дешевле штамповки и сварки). Во-вторых, простота утилизации: полимерные насадки не склонны к намертво «спекаться» с корпусом колонны, как это иногда происходит с металлическими при коррозии, что облегчает их демонтаж и замену. В-третьих, в ряде процессов (например, в пищевой промышленности) полимеры являются предпочтительными с точки зрения санитарных норм.

Таким образом, применение полимерных материалов для контактных устройств является перспективным направлением развития колонной аппаратуры, обеспечивающим снижение массы, повышение химической стойкости и уменьшение капитальных затрат. Выбор между пластиком и металлом должен определяться конкретными условиями процесса: температурой, агрессивностью среды и механическими нагрузками.

---

1. Технологические расчеты машин и аппаратов химических и нефтеперерабатывающих производств. Примеры и задачи: учеб. пособие / В.М. Ульянов, А.А. Сидягин, В.А. Диков; под ред. В.М.Ульянова; Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. – Н.Новгород, 2015. – 633 с.

УДК 66.023.2

ГОРЮНОВ Н.С., СИДЯГИН А.А., МАЛЫГИН Л.А., ТУТАНИНА Е.М.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ ЦАРГОВОЙ КОЛОННЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ТИПА НАСАДКИ НА ТЕПЛОМАССООБМЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Дзержинский политехнический институт (филиал)НГТУ им. Р.Е. Алексеева

В инженерной практике и учебном процессе насадочные колонны широко применяются для проведения процессов абсорбции и ректификации. Эффективность работы таких аппаратов во многом определяется типом контактного устройства – регулярной или нерегулярной насадки. Существующая лабораторная установка кафедры представляла собой царговую колонну со сменными насадочными модулями, однако штатная система контроля параметров не позволяла в полной мере оценить тепловые эффекты, сопровождающие процесс массообмена. Целью работы являлось оснащение установки средствами температурного мониторинга для повышения точности исследований.

Объектом модернизации выступила лабораторная колонна, выполненная из отдельных царг, что позволяет оперативно заменять тип насадки: нерегулярную (насыпные кольца Рашига, седла) или регулярную (гофрированные структуры из листового материала). Для оценки влияния типа насадки на эффективность процесса требовалось измерить температуру жидкости до и после контакта с насадочным слоем.

В ходе работ в нижнюю и верхнюю части колонны (зона входа жидкости на орошение и зона выхода жидкости в куб) были вмонтированы стандартные гильзовые датчики температуры. Выбор обусловлен простотой монтажа и возможностью замены без нарушения герметичности корпуса. Датчики представляют собой термопреобразователи сопротивления в защитной гильзе из нержавеющей стали, подключенные к многоканальному цифровому индикатору, установленному на щите управления. Прибор обеспечивает непрерывное отображение температуры с точностью 0,2 °С.

Проведенные пуско-наладочные испытания подтвердили работоспособность системы. При работе с нерегулярной насадкой было зафиксировано более заметное повышение температуры жидкости на выходе по сравнению с регулярной структурой при одинаковых расходах, что связано с различиями в гидродинамике потоков и поверхности контакта фаз [1].

Таким образом, выполненная модернизация позволила:

1) оперативно фиксировать тепловые эффекты при смене типа насадки;
2) повысить достоверность лабораторных исследований;
3) расширить возможности установки для выполнения студенческих научных работ.

Внедрение системы температурного контроля является примером малозатратного улучшения, позволяющего перевести установку на качественно новый уровень экспериментальных исследований.

---

1. Технологические расчеты машин и аппаратов химических и нефтеперерабатывающих производств. Примеры и задачи: учеб. пособие / В.М. Ульянов, А.А. Сидягин, В.А. Диков; под ред. В.М.Ульянова; Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. – Н.Новгород, 2015. – 633 с.

УДК 546.05

ГРАЧЕВ П.П., ЕМЕЛЬЯНОВ А.В., МАРКОВ А.Н., КАПИНОС А.А., ДОКИН Е.С., МЕДОВ В.А., БАРЫШНИКОВ Т. Л., КОРОЛЕВ А.Д., ПЕТУХОВ А.Н., СУВОРОВ С.С., ВОРОТЫНЦЕВ А.В.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ 1,2 ТРАНСДИХЛОРЭТИЛЕНА

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

1,2 трансдихлорэтилен (1,2-ТДЭ, 1,2-DCE) относится к наиболее перспективным жидким растворителем в микроэлектронной промышленности. Он характеризуется низкой токсичностью, отсутствием озоноразрушающего потенциала, высокой стабильностью при температурах ниже 800 °С и заметно меньшей коррозионной активностью по сравнению с хлороводородом и другими хлорсодержащими соединениями. Благодаря этим свойствам транс-1,2-дихлорэтилен успешно применяется для формирования высококачественных слоёв диоксида кремния, очистки технологической оснастки и проведения других критически важных операций при производстве СБИС и современной микроэлектроннй промышленности.

Однако коммерчески доступный продукт, как правило, содержит значительное количество цис-изомера, органических примесей, влаги, а также следы металлов. Такие загрязнения недопустимы при использовании в субмикронных и нанотехнологических процессах. Существующие методы очистки либо являются многостадийными и трудоёмкими, либо приводят к вторичному загрязнению металлами за счёт контакта с металлическими элементами аппаратуры. Таким образом, стремление к высокочистому состоянию зачастую порождает новые источники загрязнения.

Целью настоящей работы стала разработка эффективного метода получения транс-1,2-дихлорэтилена степени чистоты 8N–9N с использованием специально сконструированной ректификационной колонны из высокочистого кварцевого стекла. Применение кварца в сочетании с элементами из перфторалкоксиполимера (ПФА), инертной атмосферы аргона и предварительной специальной обработки поверхности (травление смесью HF + HNO_3 в соотношении 95:5), что позволило полностью исключить контакт продукта с металлами и избежать использования дополнительных химических реагентов или сорбентов.

В результате проведённой очистки получен продукт с содержанием основного вещества (транс-1,2-дихлорэтилена) не менее 99,88 %, что соответствует уровню чистоты 8N–9N. Суммарное содержание металлических примесей по данным масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (МС-ИСП) составило менее 1–2 ppb по большинству элементов, что существенно ниже типичных требований для 8N-чистоты и приближается к уровню 9N. Концентрации ключевых металлов (Na, K, Fe, Ca, Al, Cr, Ni, Cu, Zn и др.) находятся в диапазоне 10–39 ppt (0,01–0,39 ppb).

Содержание воды снижено до 4,6 ± 0,1 ppm (при норме ≤ 20 ppm). Счётная концентрация частиц размером ≥ 0,2 мкм составляет всего 4 шт/см³ (норматив ≤ 40 шт/см³). По результатам ГХ-МС содержание 1,1-дихлорэтана уменьшилось с 8,36 % до 0,12 %, а цис-изомера – с ~0,57 % до ~0,026 %.

По сравнению с исходным сырьём содержание большинства металлических примесей снижено в 10–100 раз, а по ряду элементов (Na, K, Ca, Fe и др.) – на 1–3 порядка. Потери целевого продукта за один цикл составляют всего 8–9 %, продолжительность цикла – около 50 часов, производительность процесса – примерно 0,22 кг/ч.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках научного проекта № FSWR-2025-0005.

УДК 546.05

ДОКИН Е.С., ЕМЕЛЬЯНОВ А.В., ГРАЧЕВ П.П., МЕДОВ В.А., БАРЫШНИКОВ Т. Л., КОРОЛЕВ А.Д., ШАНИН И. А., КОНСТАНТИНОВ Д.С., ВОРОТЫНЦЕВ А.В.

ОДНОСТАДИЙНЫЙ СИНТЕЗ НАНОДИСПЕРСНОГО НИТРИДА ТИТАНА (TiN) ИЗ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО РАСПЛАВА МЕТОДОМ ИНДУКЦИОННОЙ ПОТОКОВОЙ ЛЕВИТАЦИИ

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

В данной работе предложен и экспериментально реализован новый подход к получению наночастиц нитрида титана (TiN), основанный на применении метода индукционной потоковой левитации (ИПЛ). Синтез осуществлялся из массивных образцов титана в реакционной атмосфере на основе инертных и азотсодержащих газов (Ar–He–N_2/ NH_3). В основе метода лежит бесконтактный индукционный нагрев левитирующей капли металла до высоких температур (~2500 °C), сопровождающийся испарением и последующей конденсацией металлического пара в присутствии реакционного газа с образованием нитридной фазы.

Полученные порошки TiN характеризуются высокой степенью чистоты и сформированы частицами нанометрового диапазона со средним размером порядка 30 нм. Отмечается однородность морфологии и сравнительно узкое распределение частиц по размерам, что свидетельствует о контролируемом характере процессов нуклеации и роста. Сопоставление средних размеров частиц, рассчитанных различными методами анализа, представлено в табл. 1.

Таблица 1

Значения размеров наночастиц, полученные различными методами анализа

НЧ	$<D>_{BET}$, нм	TEM, нм		SEM, нм		$<D>_{XRD}$, nm	DLS, нм	
		<D>	Peak	<D>	Peak		<D>	Peak
TiN	31	30.9	31.2	31.1	30.4	29.2	29.6	30.1

Бесконтактный индукционный нагрев, высокие температуры в реакционной зоне и быстрое охлаждение обеспечивают одностадийный синтез и минимизируют загрязнение продукта. Комплексная физико-химическая характеризация (SEM, TEM, XRD, DLS, БЭТ) подтвердила однородность структуры наночастиц TiN, узкое распределение по размерам и низкую степень агломерации. Метод ИПЛ демонстрирует высокий потенциал как масштабируемый способ получения высокочистых нанопорошков TiN, перспективных для защитных покрытий, инструментальных материалов и функциональных применений в электронике.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках научного проекта № FSWR-2025-0005.

УДК 541.64:536.7

ДОЛИНОВ Я.В., СПИЦИНА Е.Б., КАЗАНЦЕВ О.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ МОЛЕКУЛЯРНЫХ ЩЁТОК НА ОСНОВЕ СОПОЛИМЕРОВ МЕТОКСИОЛИГО(ЭТИЛЕНГЛИКОЛЬ)МЕТАКРИЛАТОВ И АЛКОКСИОЛИГО(ЭТИЛЕНГЛИКОЛЬ)МЕТАКРИЛАТОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Критическую концентрацию мицеллобразования (ККМ) амфифильных полимеров регулируют за счёт изменения длины цепей олигоэтиленгликолей (ОЭГ), позволяя точно контролировать процесс доставки лекарственных средств в пораженные болезнью органы [1, 2]. Изучаемые полимеры способны образовывать стабильные молекулярные мицеллы в водных и водно-солевых системах, это обусловлено стерическим отталкиванием плотно привитых ОЭГ-блоков, предотвращая межмолекулярную агрегацию [3].

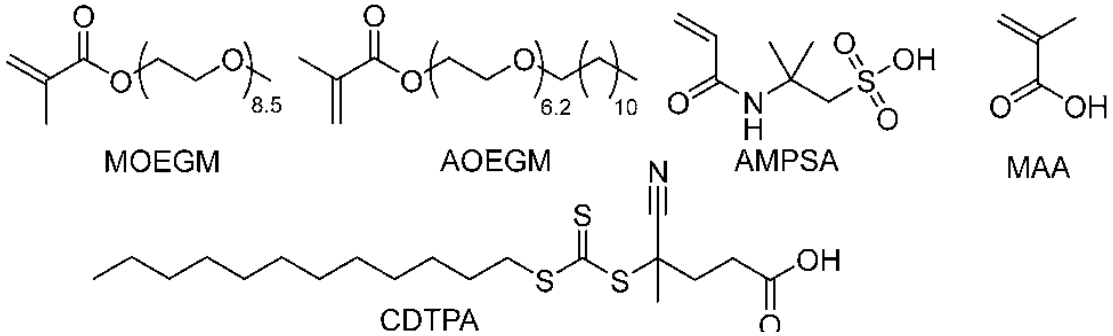


Рис.1. Структурные формулы мономеров, используемых для получения молекулярных щёток

За счёт включения элементов в наноконтейнеры, реагирующие на изменения pH среды, для доставки лекарственных систем в организм человека при лечении различных заболеваний [4]. Универсальность исследуемых полимерных систем в сочетании с их способностью реагировать на определенные раздражители делает их перспективными в области фармацевтики [5].

Библиографический список

1. Iborra, A.; Díaz, G.; López, D.; Giussi, J.M.; Azzaroni, O. Copolymer based on lauryl methacrylate and poly(ethylene glycol) methyl ether methacrylate as amphiphilic macrosurfactant: Synthesis, characterization and their application as dispersing agent for carbon nanotubes. Eur. Polym. J. 2017, 87, 308–317.
2. Hattori, G.; Hirai, Y.; Sawamoto, M.; Terashima, T. Self-assembly of PEG/dodecyl-graft amphiphilic copolymers in water: Consequences of the monomer sequence and chain flexibility on uniform micelles. Polym. Chem. 2017, 8, 7248–7259.
3. Foster, J.C.; Varlas, S.; Couturaud, B.; Coe, Z.; O'Reilly, R.K. Getting into Shape: Reflections on a New Generation of Cylindrical Nanostructures' Self-Assembly Using Polymer Building Blocks. J. Am. Chem. Soc. 2019, 141, 2742–2753.
4. Hu, X.; Zhang, Y.; Xie, Z.; Jing, X.; Bellotti, A.; Gu, Z. Stimuli-Responsive Polymersomes for Biomedical Applications. Biomacromolecules 2017, 18, 649–673.
5. Ewii, U.E.; Onugwu, A.L.; Nwokpor, V.C.; Akpaso, I.-a.; Ogbulie, T.E.; Aharanwa, B.; Chijioke, C.; Verla, N.; Iheme, C.; Ujowundu, C.; et al. Novel drug delivery systems: Insight into self-powered and nano-enabled drug delivery systems. Nano TransMed 2024, 3, 100042.

УДК 546.05

ЕМЕЛЬЯНОВ А.В., ДОКИН Е.С., МАРКОВ А.Н., КАПИНОС А.А., ГРАЧЕВ П.П., МЕДОВ В.А., ПЕТУХОВ А.Н., ВОРОТЫНЦЕВ А.В., БАРЫШНИКОВ Т.Л.

СИНТЕЗ НАНОПОРОШКОВ НИТРИДОВ (GaN, AlN) ИЗ РАСПЛАВОВ В РЕАКЦИОННОЙ СРЕДЕ Ar–He–NH_3 МЕТОДОМ ИНДУКЦИОННОЙ ЛЕВИТАЦИИ

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

В настоящей работе впервые реализован одностадийный бесконтактный синтез наночастиц нитридов галлия (GaN) и алюминия (AlN) методом индукционной потоковой левитации (ИПЛ) непосредственно из объёмных металлических образцов в реакционной газовой среде Ar–He–NH_3. Метод основан на индукционном нагреве левитирующей капли расплава до температуры ~2500 °C с последующей объёмной конденсацией паров металла в потоке реакционного газа.

Получены высокочистые нанопорошкиGaN и AlN со средним размером частиц около 32 нм. Частицы отличаются узким размерным распределением, высокой дисперсностью и отсутствием примесных фаз. По данным рентгенофазового анализа и электронной дифракции (SAED) обе фазы кристаллизуются в гексагональной структуре, характерной для стабильных модификаций GaN и AlN. Удельная поверхность порошков, определённая методом БЭТ, составила 16,7 м²/г для GaN и 62,6 м²/г для AlN. Сводные результаты определения среднего размера полученных наночастиц различными методами приведены в табл. 1.

Таблица 1

Средний размер наночастиц нитридов GaN и AlN, определённый разными методами

НЧ	$\langle D\rangle_{BET}$, нм	TEM, нм		SEM, нм		$\langle D\rangle_{XRD}$, nm	DLS, нм	
		<D>	Peak	<D>	Peak		<D>	Peak
GaN	36	36.9	35.2	34.1	35.4	36.2	37.6	39.1
AlN	29	31.2	30.4	30.9	31.6	31.0	32.1	33.8

Бесконтактный характер нагрева, высокая температура в реакционной зоне и резкое охлаждение обеспечивают одностадийность процесса и отсутствие загрязнения продукта. Ком-

плексная физико-химическая характеризация (SEM, TEM, HRTEM, XRD, DLS, БЭТ) подтвердила структурную однородность частиц, узкое распределение по размерам и минимальную агломерацию.

Полученные результаты показывают, что варьирование состава газовой смеси и технологических параметров синтеза позволяет управлять размером, морфологией и дисперсностью нитридных наночастиц. Это открывает перспективы использования метода ИПЛ как универсального и масштабируемого способа получения высокочистых нанодисперсных нитридов GaN и AlN, востребованных в современной микроэлектронике, оптоэлектронике, силовой электронике и функциональных материалах.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках научного проекта № FSWR-2025-0005

УДК 661.179

ЗАГУРДАЕВА Е.С., СИДЯГИН А.А.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ СМЕСИТЕЛЯ ДЛЯ СМЕШЕНИЯ ВЯЗКОЙ ЭМУЛЬСИИ С ТВЕРДЫМИ КОМПОНЕНТАМИ

Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева

Получение качественных однородных смесей является важным этапом производства широкого спектра целевых продуктов в различных сферах промышленности. Ключевая задача процесса – обеспечение равномерного распределения первоначально разрозненных компонентов с образованием практически однородной смеси.

Специфической особенностью рассматриваемого нами процесса является необходимость равномерного распределения мелкодисперсных сыпучих материалов в эмульсии, характеризующейся высокими показателями вязкости. При этом важным обстоятельством является то, что при длительном перемешивании может происходить частичное разрушение эмульсии, что сказывается на показателях конечного продукта.

Ранее был выполнен аналитический обзор возможных для применения в данном производстве конструкций смесителей [1]. Установлено, что для решения поставленной задачи наилучшими показателями обладают двухвалковые горизонтальные смесители, обеспечивающие эффективное и однородное перемешивание сыпучих материалов с малой, средней или высокой вязкостью и насыпной плотностью.

Для организации непрерывного режима работы оборудования и достижения высоких показателей качества важно обеспечить четкое дозирование подаваемых жидких и сыпучих компонентов в соотношении, определяемом рецептурой продукта в условиях ограниченного времени пребывания перемешиваемой массы в устройстве. Решение этой задачи потребовало проведения дополнительных исследований, среди которых можно отметить: исследование процесса смешения эмульсионной матрицы с жидкими и твердыми наполнителями; выполнение анализа получаемых составов эмульсионных материалов по внешнему виду (качество смешения), плотности и другим физико-химическим показателям; разработка рекомендаций по совершенствованию конструкции смесителя для обеспечения равномерного распределения вводимых добавок в эмульсионной матрице.

Для рассматриваемого производства конструкцию смесителя было предложено изменить следующим образом:

– уменьшить пространство над слоем перемешиваемого материала, для чего следует опустить плоскости крышек по отношению к базовой конструкции. Это уменьшит пыление микросферического компонента и исключит достижение взрывоопасных концентраций;

– с целью обеспечения наиболее полного захвата частиц потоком эмульсии следует перенести штуцер для ввода микросфер ближе к штуцеру подачи эмульсии;

– подачу жидких компонентов предложено осуществлять в нескольких точках по длине корпуса, что обеспечит более равномерное распределение этих компонентов в объеме эмульсии.

Вносимые изменения требуют проведения технологических, кинематических и прочностных расчетов модернизированной конструкции и разработки чертежей отдельных узлов. Перечисленные конструктивные изменения обеспечат достижение требуемых показателей качества получаемой продукции.

---

1. Загурдаева Е.С., Сидягин А.А. Подбор аппарата для смешения эмульсий с твердыми компонентами // В сб. «Будущее технической науки: сборник материалов XXIV Всероссийской молодежной научно-техн. конф.; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2025. – 761 с., стр.636 – 637

УДК 66.069.832

ЗАЙЦЕВ А.А., ДИКОВ В.А.,КОСЫРЕВ В.М.

СРАВНЕНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ФОРСУНОК

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,
Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Форсунки служат для распыления жидкостей в технологических аппаратах. Они применяются в химической, пищевой, нефтехимической промышленности. При относительно небольших габаритах форсунки в значительной степени определяют эффективность работы аппаратов, где они установлены (массообменных, теплообменных, пылеочистных и др.) [1,2].

На кафедре МАХП (теперь ТОТС) ДПИ была предложена форсунка с подвижным турбулизатором – ФПТ [3]. Позже была выполнена модернизация форсунки и получен патент.

Таблица 1

$P_{вх}$,МПа	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25
Q,м^3/час	1,080	1,548	1,884	2,094	2,310
	1,236	1,776	2,082	2,382	2,700
W, 1/сек.	45,75	64,5	80,75	99,5	106,5
	17,75	27,75	31,5	35,75	38,0

Примечание: Верхнее поле ФПТ-36; нижнее поле – ФПТ-36М.

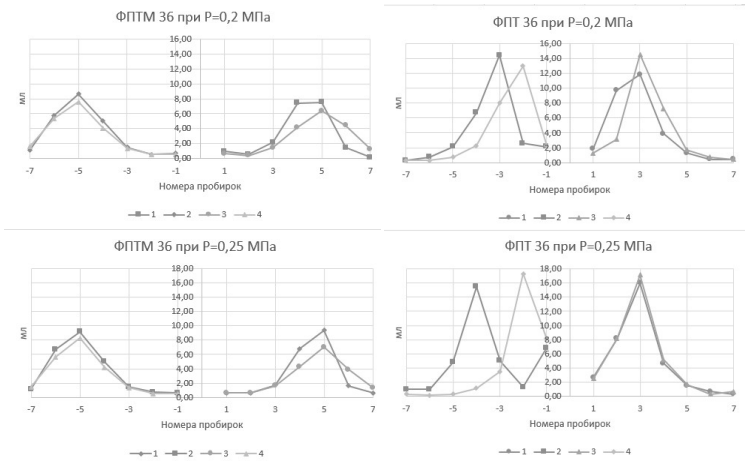


Рис. 1. Характеристика распределения орошения по радиусу

Опыты проводили на форсунках с диаметром вихревой камеры D = 36 мм. Опыты были направлены на сравнение и изучение производительности, количество колебаний форсунок (табл. 1), плотности орошения (рис. 1) и изменению угла распыла от входного давления (табл. 2).

Таблица 2

$P_{вх}$,МПа	0,05	0,25
ФПТ	37º 44’	39º 53’
ФПТМ	59º 1’	65º 49’

Из всего ранее перечисленного можно сделать вывод, что модернизированная форсунка ФПТМ обладает более лучшими характеристиками чем ее аналог, производительность увеличивается до 14%, более равномерное орошение, а также угол распыла больше чем у аналога, что приводит к более равномерному орошению.

Библиографический список

1. Холин Б.Г., Центробежные и вибрационные грануляторы плавов и распылители жидкости.- М.: Машиностроение, 1977. - 182 с.
2. Дитякин Ю.Ф. Распыливание жидкостей/ Ю.Ф.Дитякин, Л.А. Клячко, Б.В.Новиков и др. - М.:Машиностроение, 1977.- 208 с
3. А.С. СССР 1205939, МПК B05B 1/34 Центробежная форсунка / Косырев В.М., Живайкин Л.Я., Алексеев В.А. и др. - опубл. 23.01.1986, Бюл. № 3.
4. Патент РФ 2792516, МПК B05B 3/04 Центробежная форсунка / Косырев В.М., Косырев А.В., Зайцев А.А., Утехина А.В.- опубл. 22.03.2023 Бюл. №2.

УДК 546

ЗАНОЗИН И.Д., ЛОГУНОВ А.А., ПРОХОРОВ И.О., МАСЛОВ А.А., БЕЛОУСОВ А.С.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ СВОЙСТВ ГРАФИТА, ОСАЖДЕННОГО ПРИ СВЧ ПЛАЗМОЛИЗЕ МЕТАНА

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

Паровая конверсия метана является наиболее распространенной технологией производства водорода. Хотя, она обладает хорошей энергоэффективностью, высокие выбросы CO2 создают необходимость отделять его от целевых продуктов, но не решает задачу уменьшения выбросов углекислого газа в атмосферу [1]. В связи с большими запасами природного газа, пиролиз метана на данный момент считается подходящей альтернативной технологией производства водорода. Пиролиз метана подразумевает термическое разложение метана с образованием водорода и твердого углерода. Связывание углерода в виде стабильного твердого вещества, более выгодно, чем улавливание CO2 из газового продукта после паровой конверсии [2]. Пиролиз метана имеет достаточно низкую энергетическую эффективность, сравнимую с паровой конверсией, если принять во внимание отделение CO2.

В этом ключе плазменные технологии вызывают все больший интерес к неокислительной конверсии метана, преодолевая большинство недостатков термических процессов.

В ходе проведения процесса плазмолиза метана образуется значительное количества углерода на стенках реактора, который в дальнейшем может быть применен при решении различных прикладных задач.

Полученные пленки углерода были исследованы методами рентгенофазового анализа и сканирующей электронной микроскопии. На рис. 1 представлены дифрактограмма и микрофотография полученной пленки. Покрытие имеет слоистую структуру с толщиной осажден-

ного слоя 15 мкм, по данным XRD образец является однофазным. Пик отражения около 45 градусов от плоскости 111 говорит о том, что образец является алмазоподобным углеродом. Пик в районе 38 градусов является отражением от алюминиевой кюветы.

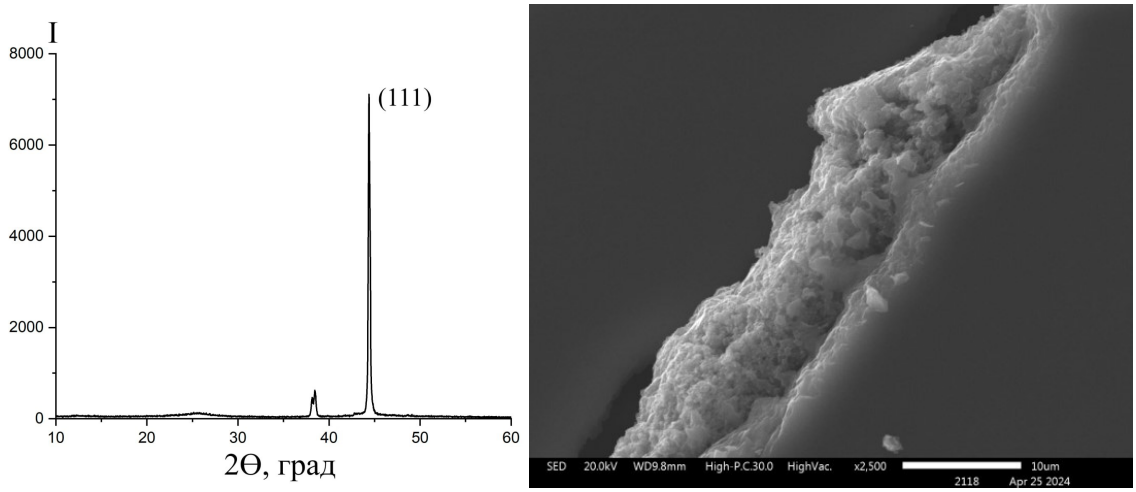


Рис. 1.Дифрактограмма и СЭМ осажденной пленки

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда, грант № 24-79-10115, https://rscf.ru/en/project/24-79-10115/.

Библиографическийсписок

1. Sánchez-Bastardo, N., Schlögl, R. and Ruland, H. (2020), Methane Pyrolysis for CO2-Free H2 Production: A Green Process to Overcome Renewable Energies Unsteadiness. ChemieIngenieurTechnik, 92: 1596-1609. https://doi.org/10.1002/cite.202000029 6.
2. J. Feng, X. Sun, Z. Li, X. Hao, M. Fan, P. Ning, K. Li, Plasma-Assisted Reforming of Methane. Adv. https://doi.org/10.1002/advs.20220322 Sci. 2022, 9, 2203221.

УДК 621.357

ЗАСЕЦКИЙ И.В., ИВАШКИН Е.Г.

ВЛИЯНИЕ ПОДСЛОЯ МЕДИ ИЗ СЕРНОКИСЛОГО И ПИРОФОСФАТНОГО ЭЛЕКТРОЛИТОВ НА ФИНИШНЫЙ СЛОЙ СЕРЕБРА ПРИ ЦИКЛИЧЕСКОЙ ИМИТАЦИИ ПАЙКИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В технологиях многослойной гальванической металлизации с межоперационной пайкой особое значение приобретает стабильность системы «медный подслой – финишное серебро» при термоциклических воздействиях. Традиционно используемый сернокислый электролит меднения обеспечивает приемлемое качество покрытия, однако при наличии паяных соединений и повторных нагревов наблюдаются дефекты в виде отслоений и тёмных пятен. Альтернативой является пирофосфатный электролит, обладающий более высокой кроющей способностью, но требующий уточнения поведения в условиях циклического нагрева и охлаждения. Цель настоящей работы – экспериментальное сравнение влияния типа медного подслоя (пирофосфатныйvs. сернокислый) на состояние финишного слоя серебра при имитации пайки.

Исследования выполнены на алюминиевой пластине, распиленной на серию заготовок. Все заготовки прошли стандартную подготовку согласно внутрицеховым инструкциям ИОТ-195-2017, что включает в себя стандартное многослойное покрытие из сернокислого никеля, двух слоёв меди с промежуточной пайкой и финишного серебряного покрытия.

Заготовки были разделены на две партии. Первую партию меднили в сернокислом электролите, а вторую меднили в пирофосфатном. Толщина медного подслоя контролировалась по времени осаждения и составила 6–8 мкм.

Для оценки устойчивости покрытий к условиям межоперационной пайки проведён циклический нагрев на паяльной плитке. Каждый цикл включал нагрев до 150 °C вместе с плиткой, выдержку 10 минут и последующее остывание вместе с плиткой. Количество циклов – 2. После каждого цикла выполнялся визуальный и микроскопический контроль поверхности.

В ходе экспериментов установлено, что после двух циклов нагрева (до 150 °C, выдержка 10 мин, охлаждение) на обоих типах медных подслоев появляются дефекты финишного серебра в виде тёмных точек. Для пирофосфатного подслоя дефекты начинают фиксироваться после второго цикла, их количество умеренное. Для сернокислого подслоя число очагов дефектов оказалось значительно меньше. Дополнительный часовой прогрев без циклирования увеличивает проявление дефектов незначительно, что подтверждает решающую роль именно циклической смены температуры.

Первоначальная гипотеза о преимуществе пирофосфатного электролита перед сернокислым при межоперационной пайке в данном эксперименте не подтвердилась. Сернокислый подслой показал более высокую устойчивость к термоциклированию, что, вероятно, связано с лучшим качеством осаждения в использованных режимах. Тем не менее, теоретически более высокая кроющая способность пирофосфатного электролита остаётся перспективной, что требует дальнейшей оптимизации его состава и режимов.

Экспериментально показано, что при циклическом нагреве до 150 °C (имитация пайки) финишное серебряное покрытие на медном подслое из пирофосфатного электролита обнаруживает большее количество дефектов (чёрных точек) после двух циклов, чем подслой из сернокислого электролита. Однако оба типа покрытий демонстрируют ухудшение после второго цикла, причём решающим фактором является именно циклическая смена температуры, а не длительный нагрев. Для внедрения пирофосфатного электролита в технологию с межоперационной пайкой требуется дополнительная оптимизация состава и режимов осаждения меди, обеспечивающая адгезионную прочность и структурную однородность подслоя, не уступающие сернокислому эталону.

УДК 544.472

КАЛАШНИКОВА А.Н., МОЧАЛОВ Г.М.

КИНЕТИКА ДИСМУТАЦИИ ТРИХЛОРСИЛАНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛИМЕРА LXN-1231 ПРОИЗВОДСТВА КНР

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Кремний и его летучие соединения играют фундаментальную роль в современных полупроводниковых технологиях. В промышленных масштабах наибольшее применение нашли силан, дихлорсилан, трихлорсилан и четыреххлористый кремний, которые образуют технологическую основу для производства ключевых материалов в микроэлектронике и солнечной энергетике. Эти соединения широко используются при изготовлении кремниевых пластин, полупроводниковых подложек с высоким удельным сопротивлением, а также при создании эпитаксиальных слоёв для микроэлектронных устройств.

В настоящее время наиболее перспективным источником полупроводникового кремния служит силан, который синтезируют каталитической дисмутациейтрихлорсилана.

Катализаторами в данной реакции могут выступать, например, хлорид цинка, оксиды металлов, вторичные и третичные амины, а также ионообменные смолы, но их использование сопряжено такими проблемами, как загрязнение продуктов реакции, неустойчивость к высоким температурам процесса, сложность отделения от реакционной смеси некоторых типов катализаторов. Поэтому наибольшее распространение получили катализаторы на основе полимерных материалов с активными донорными группами в цепи.

Среди этих материалов особый интерес представляют пиридинсодержащие полимерные материалы, которые отличаются высокой термостойкостью, которая обеспечивает повышение температуры дисмутации, а, следовательно, дает возможность повысить температуру и давление в реакторе синтеза. Повышение давления в реакторе кратно повышает его удельную производительность. Однако, в настоящее время на рынке РФ практически отсутствуют пиридинсодержащие полимеры. Единственный товарный продукт этого класса соединений – анионит ВП 3-АП. Исследование химических свойств этого полимера, показало его низкую термостойкость, что не только ограничивает применение высокотемпературного процесса синтеза, но и существенно затрудняют обезвоживание катализатора.

В связи с этим исследование возможности применения в качестве катализатора реакции дисмутациитрихлорсилана полимера LXN-1231 производства КНР, который привлек наше внимание интересной реакцией на воду, раствор кислоты и щелочи.

Экспериментально были определены химические и физические свойства полимера. В проточном реакторе была исследована его каталитическая активность, определен порядок и константа скорости реакции дисмутациитрихлорсилана.

Установлено, что полимер обладает высокой термостойкостью и каталитической активностью в реакции дисмутациитрихлорсилана.

В ходе экспериментального изучения кинетики был определен порядок реакции дисмутации и объяснено противоречие о порядке реакции представленном в литературных данных, а значения константы скорости реакции дисмутациитрихлорсилана свидетельствует о том, что полимер LXN-1231 производства КНР по каталитической активности не уступает ВП-1АП и превосходит по активности промышленно применяемый катализатор Amberlyst A-21.

УДК 66.011

КАНОГИН И.А., СТЕПЫКИН А.В.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИДЕАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ (РИС И РИВ) ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ХИМИЧЕСКОГО РЕАКТОРА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,
Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

При проектировании химико-технологических систем фундаментальное значение имеет выбор гидродинамической модели реактора, который определяет ключевые показатели эффективности будущего производства. Двумя базовыми абстракциями, описывающими предельные случаи структуры потоков, являются модель идеального смешения и модель идеального вытеснения. Сопоставление их преимуществ и ограничений позволяет сформулировать научно обоснованные критерии для принятия технологических решений.

Реактор идеального смешения непрерывного действия (РИС-Н) представляет собой аппарат с мешалкой, для которого характерно отсутствие градиентов параметров как во времени, так и по объёму [1]. Концентрация реагента в таком реакторе мгновенно снижается до

выходного значения, поэтому процесс протекает при минимальной движущей силе. Вследствие этого среднее время пребывания реагентов в РИС оказывается больше, чем в РИВ.

В противоположность РИС, реактор идеального вытеснения (РИВ) – это модель трубчатого аппарата, в которой продольное перемешивание отсутствует, а поперечное перемешивание в слоях полное [3]. Скорость реакции, подчиняясь закону действующих масс, пропорциональна концентрации реагентов, поэтому в РИВ она всегда выше, чем в РИС [2].

Важным аспектом сравнения является учёт тепловых режимов. Для эндотермических реакций, требующих подвода тепла, РИВ оказывается предпочтительнее, поскольку более высокие средние концентрации и температуры вдоль реактора способствуют ускорению процесса. В случае обратимых экзотермических реакций ни одна из идеальных моделей не является оптимальной из-за риска перегрева и смещения равновесия, что требует применения многоступенчатых систем с промежуточным отводом тепла, например, каскада РИС, который по своим характеристикам приближается к РИВ.

Практические критерии выбора включают также требуемую степень превращения и масштаб производства. При высоких степенях превращения (близких к 100%) РИВ даёт значительный выигрыш в объёме по сравнению с РИС, что делает его предпочтительным для крупнотоннажных процессов, таких как производство аммиака или метанола. Однако для многотоннажных гибких производств с частой сменой ассортимента продукции РИС оказывается экономически более выгодным из-за меньших затрат на очистку и переналадку.

Таким образом, каждый тип реактора обладает специфической областью целесообразности. РИВ обеспечивает более высокую производительность, РИС выигрывает в гибкости и простоте эксплуатации. В реальной практике эти модели служат крайними точками отсчёта, а выбор конкретной конструкции является компромиссом между требованиями к селективности, степени превращения и капитальным затратам.

Библиографический список

1. **Бесков В.С., Сучкова Е.В. и др.** Химические реакторы: Учебное пособие. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 1999. – 35 с.
2. **Вэйлас С.** Химическая кинетика и расчеты промышленных реакторов / Под ред. проф. Л.А. Семенова; пер. с англ. М.И. Рогалина и Ю.А. Соколинского. – М.: Химия, 1964. – 432 с.
3. **Кононова Т.Л., Новгородцева Л.В.** Общая химическая технология: Учебное пособие. – Омск: ОмГТУ, 2009. – 116 с.

УДК 669.248

КАРПОВ Д.В., АНАНЬЕВА Е.Ю.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭМИРСИОННОГО ЗОЛОТА В КАЧЕСТВЕ ФИНИШНОГО ПОКРЫТИЯ НА ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МИКРОМОДУЛИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Золотодобыча является одной из главных отраслей горнодобывающей промышленности в России. С 2019 года производство драгметалла не опускается ниже отметки 300 т в год – в этой цифре учитывается как разработка золотых месторождений, так и добыча золота из руды цветных металлов и вторсырья. Основная часть золота России отходит на экспорт – около 66%. На производственные мощности потребляется лишь около 2% всего добываемого в России золота. В промышленности золото является неотъемлемой частью массы электрон-

ной техники – транзисторов, конденсаторов, полупроводниковых приборов, материнских плат, микросхем и др.

Благодаря способности отражать ультрафиолетовое и инфракрасное излучение золото нашло широкое распространение и в аэрокосмической отрасли: в основном, оно требуется для изготовления деталей реактивных двигателей, ядерных реакторов, ракет, тепло/светоотражающих покрытий космических аппаратов.

Кроме того, золото продолжает активно «внедряться» в возобновляемую энергетику. К примеру, в набирающих популярность солнечных батареях нередко присутствуют золотые наночастицы: они позволяют устройству улавливать гораздо больше солнечной энергии.

И, конечно, давним потребителем золота является медицинская отрасль.

В российских производственных масштабах золото, главным образом, используется в электрических контактах силовых полупроводниковых модулей, фотодетекторах, ловушках Пауля, оптоволоконных сверхпроводниковых детекторах, в пьезодатчиках, в устройствах микроэлектроники СВЧ-диапазона, в топливных элементах, микросистемах анализа магнитного поля, источниках УФ-излучения для бактерицидных установок и др.

При этом, если в общемировых масштабах наблюдается спад общего патентования «электрического золота», то в России, наоборот, наблюдается повышенный интерес к данной области исследований.

Иммерсионные покрытия золотом, в свою очередь, находят широкое применение в производстве печатных плат и микроэлектронике как финишное покрытие под пайку и сварку. Наиболее известные из них химический никель – иммерсионное золото (ENIG), химический никель-химический палладий-иммерсионное золото (ENIPIG).

Кристаллическая структура, создающаяся благодаря применению иммерсионного золота предельно проста в сварке в сравнении с прочими вариантами обработки покрытий печатных плат.

Термоэлектрические микромодули на основе эффекта Пельтье предназначены для охлаждения, локального отвода тепла и поддержания теплового режима, необходимого для эффективной работы целого ряда устройств: полупроводниковых и иных типов лазеров, мощных светодиодов, высокочувствительных фотоприемников, элементов высокопроизводительных интегральных схем и микропроцессоров, а также биомедицинских приборов.

Эксплуатация готового модуля зачастую проводится в условиях, когда выход из строя самого модуля может привести к потере самого изделия, стоимость изделия сильно превышает стоимость модуля, поэтому к качеству покрытия и сборки всех компонентов модуля приводятся высокие требования.

В качестве финишного покрытия применяется золотое покрытие, наносимое имерсионным способом на подслой химически осажденного никеля.

Золото выбрано в качестве материала покрытия т.к. обладает высокой электропроводностью, низким контактным сопротивлением; химической инертностью и устойчивостью к атмосферной коррозии; отсутствием склонности к образованию оксидных пленок; хорошей паяемостью и совместимостью с низкотемпературными припоями; стабильностью свойств при работе термоэлектрических модулей.

Библиографический список

1. **Николаева Е.** Иммерсионное золочение – вопросы и ответы // Производство электроники: технологии, оборудование, материалы. - №1. – 2007. – С.17-21.

2. **Медведев А., Семенов П., Набатов Ю., Шкундина С.** Иммерсионное золочение под пайку // Технологии в электронной промышленности. - № 2. – 2010. – С. 6-8.

УДК 669.248.8

КЛИМОЧКИНА П.Н., РОГОЖИН В.В., АНАНЬЕВА Е.Ю.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ХИМИЧЕСКОГО НИКЕЛИРОВАНИЯ МЕДНЫХ ОСНОВ ДЛЯ ПОСЛЕДУЮЩЕГО ИММЕРСИОННОГО ЗОЛОЧЕНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Производство печатных плат (ПП) в России крайне актуально из-за необходимости импортозамещения, высоких рисков сбоев в поставках их из-за рубежа и обеспечения собственного технологического суверенитета Актуальность обусловлена и ростом спроса на электронику, требующую надежных, в том числе многослойных, плат и микро-плат для гражданских и специализированных отраслей.

В таких изделиях нужные функциональные характеристики обеспечиваются золотым покрытием, которое наносится на никельсодержащий подслой

Данные покрытиязащищают поверхность медных проводников от окисления и обеспечивают требуемые условия для сварки и пайки электронных компонентов, сохраняя при этом нужную электропроводность длительное время.

Миниатюризация токоведущего рисунка на платах требует использования лишь технологий химического способа нанесения покрытий под названием ENIG - процесс (Electroless-NickelImmersionGold).

Система покрытий имеет никельсодержащий подслой, толщиной 3-4 мкн и слой золота, толщиной ~0,1-2 мкн.

Однако, в последнее время стали возникать проблемы, связанные с качеством золотого покрытия и с наработкой его нужной толщины. Отмечается появление черных контактных площадок, точек, сквозных пор и других дефектов. В большинстве случаев это может быть связано с низким качеством применяемых реактивов и не оптимальном подборе никельсодержащего подслоя.

Так как химическое (иммерсионное) золочение проводят на подслое на основе никеля, появилась потребность в разработке и изучении технологии химического никелирования для обеспечения хорошего финишного покрытия печатных плат слоем золота. Нами были получены и испытаны покрытия Ni-P, Ni-B и Ni-P-B под иммерсионное золочение.

Установлено, что использование борсодержащих восстановителей позволяет получить двух или трех компонентные никелевые сплавы, на которые осаждаются качественные золотые покрытия нужной толщины. Скорость химического никелирования достигает 9-12 мкн в час, плотность загрузки до 4 $дм^2/л$, растворы имеют нейтральное значение pH, а процесс никелирования, благодаря особому механизму диссоциативной адсорбции, на медной основе начинается самопроизвольно, без применения дорогой палладиевой активации с индукционным периодом не более 2 минут.

Благодаря разной анодной активности подслоев из никеля, золотое покрытие за счет реакций контактного обмена можно получать необходимой толщины.

При необходимости сами растворы или исходные реактивы можно подвергать традиционным способам очистки от примесей. Проведенные производственные испытания подтвердили хорошее качество золотых покрытий и их необходимые функциональные свойства.

УДК 66.088

КОЗНОВ П.А., ТИТОВ Е.Ю., СЕРОВА Е.С., МАРТЫНОВ А.А.

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РАЗРЯДОВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ ПРИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОМ ПЛАЗМЕННОМ СИНТЕЗЕ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В последние годы наблюдается устойчивая тенденция перехода к низкоуглеродной энергетике, что стимулирует развитие энергоэффективных и экологически безопасных технологий получения функциональных материалов. Плазмохимический синтез с использованием возобновляемых источников энергии рассматривается как перспективный подход, обеспечивающий снижение совокупных выбросов парниковых газов. При низкотемпературном плазменном пиролизе (NTP) углеводородного сырья образуется водород, этилен, ацетилен и углеродные наноструктуры (УН). К углеродным наноструктурам для использования в области возобновляемой энергетики предъявляются требования по высокой электропроводности, удельной площади поверхности и низкой зольности (менее 0,05%масс.). При изготовлении электродов аккумуляторов и газодиффузионных слоев топливных элементов УН применяются в качестве электропроводящих добавок и носителей катализаторов. Введение УН к $LiFePO_4$ приводит к увеличению удельной разрядной емкости и повышению циклической стабильности за счет формирования эффективной проводящей сети [1]. В газодиффузионных слоях топливных элементов углеродные наноструктуры способствуют снижению сопротивления переноса заряда и увеличению ресурса работы [2].

Преимуществом NTP-процесса по сравнению с традиционными методами синтеза УН является высокая управляемость морфологии и структуры углеродных продуктов. Свойства УН могут быть целенаправленно изменены посредством изменения состава исходного сырья и параметров электрического разряда, определяющих энерговклад в систему и кинетику плазмохимических превращений.

В настоящей работе проведен синтез УН при NTP-воздействии на ароматическое сырье [3]. Изучено влияние напряжения разряда и емкости конденсатора на характеристики материала. В табл. 1 представлены параметры заданных электрических разрядов.

Таблица 1

Параметры электрических разрядов при NTP-пиролизе

Эксперимент	Напряжение, В	Емкость конденсатора, мкФ	Длительность разряда, мс
1	700	940	0,15
2	900	1100	0,15

Полученные УН подвергались постсинтетической термообработке при температуре 900 ^{o}C. Установлено, что увеличение напряжения разряда и емкости накопительного конденсатора приводит к снижению удельной поверхности УН одновременному росту удельной электропроводности. Наблюдаемая тенденция указывает на увеличение степени структурной упорядоченности углеродной фазы и частичную графитизацию, сопровождающуюся укрупнением первичных частиц и снижением развитости пористой структуры.

Библиографический список

1. Zaghib K. etal. Effect of carbon source as additives in LiFePO4 as positive electrode for lithium-ion batteries //Electrochemical and Solid-State Letters. – 2005. – Т. 8. – №. 4. – С. A207-A210.

2. Zhang X. et al. Enhanced activated carbon cathode performance for microbial fuel cell by blending carbon black //Environmental science & technology. – 2014. – Т. 48. – №. 3. – С. 2075-2081.

3. Бодриков И. В. и др. Влияние энергии низковольтного разряда на морфологию углеродных наноструктур при индуцированной трансформации бензола //RSC advances. – 2021. – Т. 11. – №. 62. – С. 39428-39437.

УДК 66.023

ЛУКИНА А.А., КОНОВАЛОВ В.С.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ОДИНОЧНОГО ЦИКЛОНА С РЕЦИРКУЛЯЦИЕЙ ГАЗОВОГО ПОТОКА

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

На предприятиях химической и других отраслей промышленности имеется острая необходимость снижения затрат на капитальные вложения в оборудование и энергетические потребности. Для уменьшения объема выбросов пыли на предприятиях зачастую необходимо произвести модернизацию или же полную замену оборудования с минимальным вложением средств.

Практика показывает, что при прочих равных условиях эффективность улавливания циклона падает с увеличением его диаметра. Рассмотрим данный факт на примере исследования [1]. В таблице приведена эффективность работы циклонных установок пыли синтетических моющих средств, уносимых из распылительной сушилки с отработанным теплоносителем, по форме представляющие собой полые сферы, их осколки и агломераты.

Таблица1

Эффективность циклонных установок

Циклонная установка	Эффективность, %
1 циклон ЦН-24 с D = 2,4 м	78,34
4 циклона ЦН-15 с D = 1,2 м	85,64
8 циклонов ЦН-15 с D = 0,8 м	88,27

Исходя из табличных данных видно, что одиночный циклон имеет меньшую эффективность по сравнению с групповыми циклонами, но, в то же время циклонная установка с большим диаметром имеет меньшее гидравлическое сопротивление и требует более низкие средства капиталовложения, что отражено в графиках на рис.1 и 2.

На основании полученных результатов исследований можно сделать вывод, что с экономической точки зрения выгоднее всего является использование одного циклона при условии повышения его эффективности пылеулавливания до уровня групповых циклонов.

Поэтому целесообразно для увеличения степени очистки запыленного газа в одиночном циклоне провести дополнительные исследования его работы с частичным рециклом по воздушной фазе для более эффективной очистки запыленного воздуха.

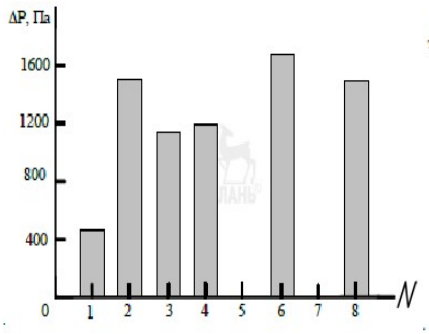


Рис. 1. Гидравлическое сопротивление циклонных установок в зависимости от числа циклонов в группе N

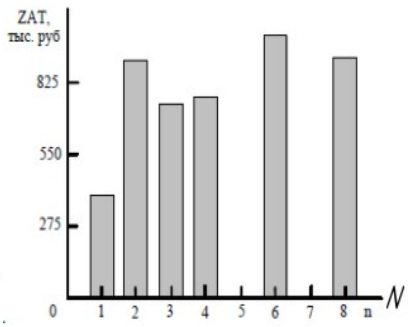


Рис. 2. Капиталовложения в циклонные установки в зависимости от числа циклонов в группе N

Библиографический список

1. Машины и аппараты переработки дисперсных материалов. / Веренигин А.Н., Данильчук В.С., Незамаев Н.А; Под ред. А.Н. Веригина. – СПб.: Издательство «Лань», 2018. – 800с.
2. Обеспыливание промышленных газов: Монография./Соколов Э.М., Володин Н.И., Пискунов О.М., Санаев Ю.И., Варьяш П.Г.: Тул. гос.ун-т., Тула, 1999.-376 с.

УДК 66, 66-9

КОШЕЧКИНА Е.А., НАУМОВА Е.Г.

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ АКРИЛОВОЙ КИСЛОТЫ ПО ВЗРЫВО- И ПОЖАРООПАСНОСТИ

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Технологический процесс получения акриловой кислоты относится к пожаро- и взрывоопасным производствам, что обусловлено использованием горючих и реакционноспособных веществ, а также протеканием процесса при повышенных температурах. Основной промышленный способ получения акриловой кислоты – каталитическое окисление пропилена через промежуточное образование акролеина.

Ключевыми опасными компонентами процесса являются пропилен, акролеин и акриловая кислота. Особую опасность представляет акролеин – высоко летучее и легковоспламеняющееся соединение с широкими пределами взрываемости. Акриловая кислота также является горючей жидкостью, склонной к экзотермической полимеризации, которая может протекать взрывным образом при отсутствии ингибиторов.

Процесс проводится при температурах 200 – 380 °С и небольшом избыточном давлении, что увеличивает риск воспламенения при утечках и нарушении технологического режима.

Для оценки уровня пожаро- и взрывоопасности рассмотрим основные физико-химические параметры веществ (табл. 1).

Таблица 1

Пожаро- и взрывоопасные характеристики веществ процесса [1]

Параметр	Акриловая кислота	Акролеин	Характер опасности
Температура вспышки	54 С (закрытый тигель)	-26 °С	Высокая пожароопасность
Температура самовоспламенения	360 °С	234 °С	Пожароопасность (риск самовоспламенения)
Пределы взрываемости в воздухе	2,9-8,0 %	2,8-31 %	Высокая взрывоопасность
Давление паров (25)	~31 мм рт.ст.	~29 кПа	Пожаро- и взрывоопасность (образование горючих паров)
Агрегатное состояние	Жидкость	Легколетучая жидкость	Косвенная пожароопасность (через испарение)
Склонность к реакциям	Полимеризация (взрывная)	Высокая реакционная способность	Взрывоопасность (неконтролируемые реакции)
Температура кипения	141 °С	52,7 °С	Пожароопасность (летучесть и образование паров)

Анализ представленных данных показывает, что наибольшую опасность в процессе представляет акролеин, обладающий крайне низкой температурой вспышки и широкими

пределами взрываемости (до 31 %), что существенно повышает риск образования взрывоопасных смесей.

Акриловая кислота менее летуча, однако её опасность связана с возможностью самопроизвольной экзотермической полимеризации, которая в замкнутых объёмах может привести к взрыву.

Таким образом, пожаро- и взрывоопасность процесса определяется:

- наличием горючих и реакционноспособных веществ;
- широкими пределами воспламенения;
- высокими температурами процесса;
- возможностью неконтролируемых экзотермических реакций.

Для обеспечения безопасности необходима комплексная автоматизация. Её основными компонентами будут: системы контроля параметров процесса (в том числе температуры и состава газовой среды), системы газоанализа, предотвращение утечек, а также системы противоаварийной защиты. При проектировании автоматизированной системы управления необходимо будет выбрать оборудование, определить тип отключающих устройств, средств контроля, управления и противоаварийной автоматической защиты с учётом результатов анализа опасностей.

---

1. Федорян А.В. Пожарная безопасность технологических процессов: учебное пособие. – 2-е изд. – М.: Директ-Медиа, 2025. – 468 с.

УДК 621.79.025.3

КУЗНЕЦОВ Е.М.,ВАСИН Е.Н., САДЫКОВ Е.М., ИВАШКИН Е.Г., КУПЧИШИН М.В.

ВЫБОР РАСТВОРА ТРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ МЕДИ И ЕЁ СПЛАВОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Предварительная подготовка поверхности является неотъемлемой частью технологических процессов нанесения металлических и неметаллических неорганических покрытий. В процессе изготовления заготовка детали проходит через различные стадии механической и термической обработки, а также транспортирование и складское хранение в различных условиях. Поэтому на поверхности детали, поступающей в цех гальванопокрытий, присутствуют различные масложировые и оксидно-солевые загрязнения. Для обеспечения надлежащей адгезии покрытий к основному материалу детали необходимо удалить загрязнения, а также снять тонкий, значительно повреждённый верхний слой металла [1].

Для травления меди и её сплавов обычно используют растворы на основе концентрированных серной и азотной кислот с добавками соляной кислоты, либо хлоридов. Для автоматизированных линий предложено применять смеси ортофосфорной, азотной и уксусной кислот [2], [3]. При этом смеси H_2SO_4 и HNO_3 возможно использовать только на линиях лучного обслуживания, так как время травления в них ввиду высокой агрессивности растворов исчисляется секундами. А составы, содержащие H_3PO_4, HNO_3 и CH_3COOH (аналог растворов химической полировки) позволяют работать в течение большего временного промежутка, но характеризуются высокой стоимостью и вязкостью, провоцирующей большой вынос раствора с деталями, большой расход воды на промывку и очистку сточных вод.

Целью настоящей работы является проверка возможности применения двухкомпонентного раствора для травления различных конструкционных материалов: меди М1, латуней

Л63 и ЛС59-1, а также бронз БрБ2 и БрОФ. Состав растворов и режим травления приведены в табл. 1.

Таблица 1

Состав исследуемых растворов и режим обработки

Компоненты растворов	Номер раствора и концентрация компонента	
	1	2
HNO_3 (56% масс.)	1 объем	-
H_2SO_4 (93,6% масс.)	1 объем	-
NaCl	5-10 г/л	-
H_3PO_4	-	950-1000
KNO_3	-	150-200
Режим		
t, ^0C	15-25	18-25
τ, мин.	0,1-0,2	1,0-1,5

Растворы готовили по максимальным концентрациям и выдерживали после приготовления не менее 12 часов. Обезжиривание образцов, выполненных из листового металла, производилось кашицей венской извести. Величину съема металла контролировали гравиметрически. Травление проводили: для раствора 1 – в течение 0,2 мин., для раствора 2 – в течение 1,0 мин. По травлению образцов из каждого материала собрана статистика. Результат травления приведён в табл. 2.

Таблица 2

Величина съема металла в исследуемых растворах

Марка сплава	Номер раствора и величина съема металла в мкм	
	1	2
Медь М1	2,306	1,589
Латунь Л63	0,686	1,720
Латунь ЛС59-1	0,513	1,562
Бронза БрБ2	2,269	1,707
Бронза БрОФ	1,646	1,303

Как видно из представленных данных, по величине съема металла исследуемые растворы практически равнозначны. При этом отметим, что в ряде случаев в растворе 1 наблюдаются локальные «перетравы» в виде питтинговой коррозии, что в растворе 2 отсутствует. Исключение составила бронза БрОФ, травление которой в обоих растворах сопровождается локальным питтингом.

Приведённые результаты показывают возможность применения раствора на основе ортофосфорной кислоты и нитрата калия для травления меди М1, латуней Л63 и ЛС59-1, а также бронзы БрБ2 с величиной съема металла от 1,562 до 1,72 мкм (в расчёте на две стороны) в зависимости от марки материала.

Библиографический список

1. Кудрявцев, Н.Т. Электролитические покрытия металлами / Н.Т. Кудрявцев. – М.: Химия, 1979. – 352 с.
2. ОСТ 107.460092.001-86. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Типовые технологические процессы. Книга 1. Введ. 01.04.1987. Москва. 1987. – 259 с.
3. ГОСТ 9.305-84. ЕСЗКС. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Операции технологических процессов получения покрытий. – Введ. 01.01.1986. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 104 с.
4. Попилов, Л.Я. Советы заводскому технологу: справочное пособие / Л.Я. Попилов. Л.: Лениздат, 1975. – 264 с.

УДК 621.357; 669.21/23

ВАСИН Е.Н., ИВАШКИН Е.Г., КУПЧИШИН М.В., КУЗНЕЦОВ Е.М.

ИССЛЕДОВАНИЕ СУЛЬФАТНОГО ЭЛЕКТРОЛИТА ОЛОВЯНИРОВАНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Покрытия оловом и его сплавами находят широкое применение в промышленности. Оловянные покрытия применяются [1]:

- для предохранения медного кабеля от окисления серой, содержащейся в резиновой изоляции;
- в качестве функционального покрытия под пайку;
- в качестве антифрикционного покрытия на деталях, работающих в узлах трения;
- для герметизации резьб, поскольку олово является весьма пластичным металлом;
- для покрытия участков деталей, не подлежащих азотированию.
- при покрытии консервной тары.
- как декоративное покрытие («Кристаллит»).

Достоинствами покрытий, полученных электролитически, является равномерная толщина, относительно других методов меньший расход олова и меньшая пористость. Недостатками электролитических покрытий являются иглообразование («усы олова») на монолитном покрытии и потеря паяемости при длительном хранении. Для сохранения функциональных свойств осаждают блестящее покрытие, а никелевый подслой, нанесенный перед электроосаждением олова, уменьшает скорость иглообразования и улучшает паяемость. Также скорость иглообразования можно замедлить оплавлением покрытия [2].

Для гальванического оловянирования используются кислые и щелочные электролиты, из которых ведущую роль занимают сульфатные (сернокислые) и станнатные соответственно. Сульфатные электролиты получили большее распространение ввиду высокого катодного и анодного выходов по току, простоты приготовления и обслуживания, более простому режиму работы. В данной работе проведено исследование двух сульфатных электролитов: классической рецептуры и состава, предполагающего использование современных добавок ПАВ. Целью исследования было выявление рабочего диапазона плотностей тока. Составы электролитов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Рецептура (столбцы 2 и 4) и состав (столбцы 1 и 3) исследуемых электролитов

Компонент	Состав/рекомендованная рецептура			
	1	2	3	4
	Концентрация, г/л			
$SnSO_4$	40,0	18-45	50,0	40-60
H_2SO_4	125,0	100-150	120,0	95-140
ОС-20	38,0	20-40	-	-
ОП-10	-	-	4,0	3-5
ЦКН-31	4,5	4-8	-	
ЦКН-32М	5,0	4-6	-	
Режим jк, А/дм^2	1,0*	1-10		1-2
t, ^{o}С	-	18-25	-	15-25

В качестве образцов использовалась листовая медь М1 и латунь Л63. Предварительная подготовка – обезжиривание и травление. Исследование проводили в ячейке Хулла объёмом 270 мл. Анод оловянный. Температура комнатная. Рабочий интервал плотностей тока для состава 1 из таблицы – до 5 А/дм^2, покрытие светло-серое. Для состава 3 рабочий интервал jк – не более 1,0 а/дм^2. Покрытие снежно-белое, «искрящееся».

Полученные результаты позволяют заключить, что состав с современными ПАВ значительно более производителен, чем классический вариант с добавкой ОП-10.

Библиографический список

1. Дасоян, М.А., Пальмская, И.Я., Сахарова, Е.В. Технология электрохимических покрытий: учебник для средних специальных учебных заведений / М.А. Дасоян, И.Я. Пальмская, Е.В. Сахарова. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1989. – 391с.
2. Кудрявцев, Н.Т. Электролитические покрытия металлами / Н.Т. Кудрявцев. – М.: Химия, 1979. – 352 с.
3. ОСТ 107.460092.001-86. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Типовые технологические процессы. Книга 1. Введ. 01.04.1987. Москва. 1987. - 259 с.
4. Оловянирование и нанесение сплавов олова [Электронный ресурс]. URL: https://bestgalvanik.ru/olovjanirovanie (Дата обращения: 17.04.2026).

УДК 544.422

МАЛЕЕВ Н.Д., МОЧАЛОВ Г.М.

ГИДРИРОВАНИЕ ТЕТРАХЛОРИДА КРЕМНИЯ ВОДОРОДОМ В ПРИСУТСТВИИ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО КРЕМНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

В настоящее время самым перспективным методом для получения кремния полупроводниковой чистоты является Сименс-процесс, который предполагает термическое разложение трихлорсилана (ТХС) до поликристаллического кремния.

В свою очередь метод гидрирования тетрахлорида кремния (ТХК) водородом в присутствии кремния позволяет получать ТХС с малым содержанием примесей.

Для большего понимания условий протекания реакции гидрирования ТХК водородом в присутствии полупроводникового кремния в данной работе рассмотрена зависимость от концентрации исходных веществ и от температуры барботера с ТХК.

Реакция протекает по следующему уравнению:

$$SiCl_4 + H_2 = SiHCl_3 + HCl$$

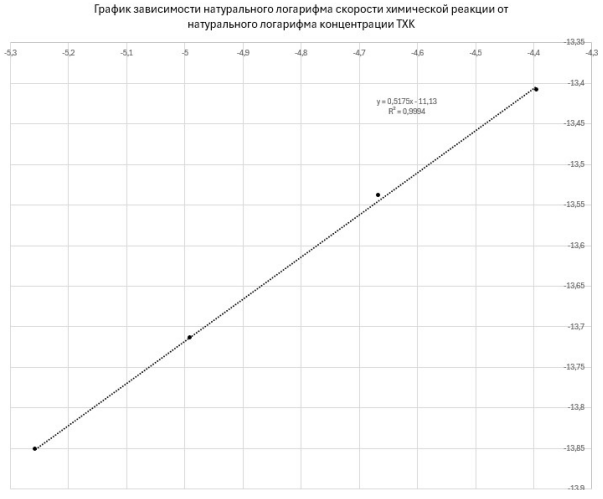


Рис. 1. Зависимость натурального логарифма скорости химической реакции от натурального логарифма концентрации ТХК

При рассмотрении кинетики реакции гидрирования ТХК водородом в присутствии полупроводникового кремния использовали метод изолирования Оствальда, поэтому учитывалось влияние только тетрахлорида кремния, так как водород находится в большом избытке.

На рис. 1 представлена зависимость натурального логарифма скорости химической реакции от натурального логарифма концентрации ТХК.

На графике видно, что в реакции гидрирования тетрахлорида кремния водородом в присутствии полупроводникового кремния частный порядок ТХК составляет 0,5. По данному дробному порядку можно предположить, что реакция является многостадийной, при этом со сравнимой скоростью химической реакции.

УДК 669.248 + 661.961

МАЛЬКОВ Е.А., БАЧАЕВ А.А., ТАРАНЕЦ Р.В.

РЕГЕНЕРАЦИЯ КАТОДОВ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ВОДОРОДА В ЩЕЛОЧНОМ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРЕ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В процессах электролиза воды зачастую используются дорогостоящие катализаторы и ионообменные мембраны. Эффективность работы таких электродов и мембран со временем эксплуатации постепенно снижается за счет различных деградационных процессов, одним из главных является осаждение железа на поверхности катода. С целью увеличения срока службы важной задачей является исследование возможности их регенерации [1].

Целью работы является определение возможности удаления с катода образующегося при эксплуатации слоя железа без вредного воздействия на мембрану и каталитической слой.

Для регенерации катализатора катода необходимо подобрать такие кислоты и их концентрации, при которых железо будет интенсивно удаляться, а катализаторы (никель, композиции на основе металлов платиновой группы) останутся устойчивыми.

Серная кислота является одним из реагентов для селективного удаления железа с катода. В разбавленных растворах (10–30 мас.%) железо активно растворяется, причем скорость коррозии возрастает с увеличением концентрации и температуры [2]. Для никеля, напротив, в этих условиях характерна высокая устойчивость. Платина и рутений, как благородные металлы, в обычных условиях не вступают в реакцию с 10-30% серной кислотой[3].

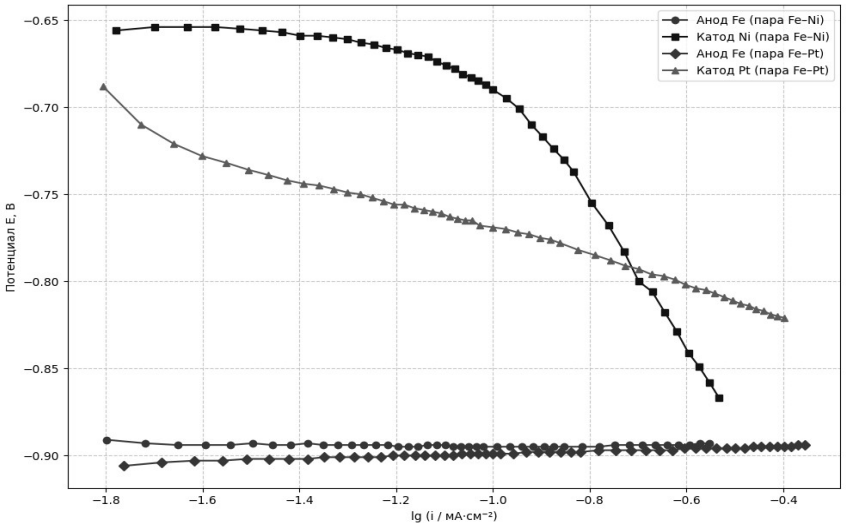


Рис.1 Поляризационная коррозионная диаграмма гальванических элементов: железо-никель и железо-платина в 20% растворе H_2SO_4, при температуре 20 °С

Обработка с целью активации мембраны Нафион растворами серной кислоты с концентрациями 10-32% не приводит к каким-либо изменениям структуры поверхности или состава функциональных групп [4].

В работе на моделях определено влияние 20 %-ной серной кислоты при комнатной температуре (20°С) на коррозию железа в образующихся при эксплуатации катода макрогальванических элементах: железо-никель (Fe-Ni) и железо-платина (Fe-Pt) с использованием гальваностатических измерений (рис.1).

В результате анализа поляризационных кривых гальванопар Fe-Ni и Fe-Pt в 20 % серной кислоте при 20 °С установлено, что анодная реакция растворения железа протекает с малым перенапряжением. Катодный контроль в паре железо-никель составляет 93,3%, а в паре железо-платина равен 96,8%. На никеле отмечается большее перенапряжение выделения водорода, что ограничивает коррозионный ток. Платина обеспечивает меньшее перенапряжение выделение водорода и более высокий показатель коррозии железа в паре Fe–Pt по сравнению с Fe–Ni.

Библиографический список

1.Кудашова Д.С. Получение и свойства перфторированных мембран, модифицированных платиной, для водородного топливного элемента: дисс. …канд. хим. наук. Краснодар, 2022. 146с.

2. Pradeep Kumar, C.G. Effect of concentration of sulphuric acid on the corrosion behaviour of maraging steel 250 / C.G. Pradeep Kumar, A. Nityananda Shetty // International Journal of Corrosion. – 2014. – Vol. 2014. – Article ID 596361. – DOI: 10.1155/2014/596361.

3. Аналитическая химия платиновых металлов / С. И. Гинзбург, Н. А. Езерская, И. В. Прокофьева; [ред. акад. И. П. Алимарин]. - Москва :Наука, 1972. - 613 с.

4. Pujiastuti, S. Effect of various concentration of sulfuric acid for Nafion membrane activation on the performance of fuel cell / S. Pujiastuti, H. Onggo // AIP Conference Proceedings. – 2016. – Vol. 1711, no. 1. – Art. 060006. – DOI: 10.1063/1.4941639.

УДК 66.088

МАРТЫНОВ А.А., ТИТОВ Е.Ю., КОЗНОВ П.А.

ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ АЗОТСОДЕРЖАЩИХ УГЛЕРОДНЫХ СТРУКТУР ИЗ ПИРИДИНА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В соответствии со стратегией развития электронной промышленности Российской Федерации до 2030 года прогнозируется рост производства суперконденсаторов, аккумуляторов и топливных элементов [1], что обусловливает увеличение спроса на функциональные углеродные наноматериалы (УНМ). Особый интерес представляют азот-допированные углеродные наноматериалы (N-УНМ), в которых внедрение атомов азота в углеродную матрицу приводит к модификации электронной структуры и формированию донорных состояний (n-типа), способствующих улучшению характеристик процессов накопления и переноса заряда [2].

Технология низкотемпературного плазмохимического (NTP) синтеза азот-допированных углеродных наноматериалов (N-УНМ) обладает рядом преимуществ по сравнению с термическими методами. В частности, плазмохимический пиролиз обеспечивает формирование азотсодержащих углеродных структур при существенно более низких температурах (до 100 °С) по сравнению с термическим пиролизом (выше 500 °С) [3]. Дополнительным преимуществом является высокая вариативность процесса: изменение природы

прекурсора и параметров электрического разряда позволяет целенаправленно регулировать состав, текстуру и степень допирования получаемых материалов.

В настоящей работе исследован плазмохимический пиролиз пиридина при напряжении разряда 700 В. Основными газообразными продуктами являются водород (70,1 мол.%) и ацетилен (27,3 мол.%) и также формируется твердая фаза N-УНМ. Доля углеродного материала составляет 27,67 %. Полученные N-УНМ характеризуются развитой удельной поверхностью около 185м^2/г, и содержанием азота 2,4%. Указанные характеристики коррелируют с повышенной электропроводностью материала [4], достигающей 1814,1 См/м что может быть связано с формированием проводящей углеродной сети, модифицированной азотсодержащими функциональными группами.

Библиографический список

1. Распоряжение Правительства РФ от 17 января 2020 г. № 20-р (ред. от 21 октября 2024 года) «Об утверждении Стратегии развития электронной промышленности Российской Федерации на период до 2030 года».
2. Inagaki M. et al. Nitrogen-doped carbon materials //Carbon. – 2018. – Т. 132. – С. 104-140.
3. Yuan R. et al. The preparation and properties of N-doped carbon materials and their use for sodium storage //New Carbon Materials. – 2024. – Т. 39. – №. 5. – С. 770-795.
4. Суслова Е. В. и др. Влияние функционализациидопированных азотом углеродных нанотрубок на электропроводность //Журнал физической химии. – 2019. – Т. 93. – №. 10. – С. 1551-1555.

УДК 547.245

МЕДОВ В.А., ГРАЧЕВ П.П., ДОКИН Е.С., ЕМЕЛЬЯНОВ А.В., БАРЫШНИКОВ Т.Л., ШАНИН И.А., КОРОЛЕВ А.Д., КОВШОВ Е.Д., КОНСТАНТИНОВ Д.С., ВОРОТЫНЦЕВ А.В.

ПОЛУЧЕНИЕ ПРЕКУРСОРОВ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ С ЧИСТОТОЙ 8N: ОПТИМИЗАЦИЯ РЕКТИФИКАЦИОННОГО ПРОЦЕССА

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

Текущий тренд по уменьшению размеров полупроводниковых устройств вынуждает разрабатывать передовую микроэлектронную базу на основе интегральных схем. Одним из ключевых требований к прекурсорам, применяемым в производстве микроэлектроники, становится сверхвысокая чистота - не ниже 8N (99,999999%) [1].

Благодаря своей отличной термической стабильности, возможностью осаждения при умеренных температурах, а также получения однородных тонкопленочных покрытий, наилучшим прекурсором среди других кремнийорганических соединений выступает тетраэтоксисиланSi$(OC_2H_5)_4$ (ТЕОС). Благодаря своим свойствам ТЕОС активно используется для формирования эпитаксиальных слоев кремния электронной чистоты. Тем не менее, традиционные способы получения и очистки данного соединения обычно не позволяют достичь желаемого для микроэлектроники уровня чистоты.

Промышленные технологии очистки, как правило, многостадийны, что снижает общую энергоэффективность и повышает вероятность вторичного загрязнения продукта. Основная проблема заключается в том, что оборудование и материалы очистных систем сами становятся источниками новых примесей, что критично при попытке достичь ультрачистоты продукта.

В настоящей работе решалась задача получения тетраэтоксисилана с чистотой 8N за счет создания технологического процесса, в котором ректификация и фильтрация совмеще-

ны в рамках одной линии очистки. Такой подход обеспечивает одновременное эффективное удаление низкокипящих и высококипящих примесей, а также удаление взвешенных частиц и ионов металлов без промежуточных стадий. Установка изготовлена из ультрачистого стекла на основе бора и кремния с использованием арматуры, насадочных элементов и фильтров исключительно из инертных фторполимеровPFA/PTFE. Это позволило полностью исключить применение дополнительных химических реагентов и избежать внесения металлических ионов.

Комплексный анализ полученного продукта показал массовую долю основного вещества не менее 99,99%, что отвечает требованиям уровня чистоты 8N. Методом ICP-MS было установлено, что суммарное содержание металлических примесей не превышает 2,4 ppb. Это существенно ниже стандарта 8N и близко к показателям уровня 9N. Концентрации отдельных критически важных металлов **(**Na, K, Fe, Al, Ca и др.) находятся в диапазоне десятков ppt, превосходя типичные спецификации коммерческого TEOC электронной чистоты. Содержание хлорид-ионов составило 39 ± 7 ppb (при допустимом уровне < 50 ppb), воды – менее 1 ppm, а концентрация частиц размером 0,2 мкм и более – 0 шт/мл (отсутствие регистрируемых частиц).

Сравнение с исходным техническим сырьём подтвердило высокую эффективность очистки: содержание большинства металлических примесей уменьшилось в 5-50 раз, по ряду элементов (Na, Ca, K) – более чем на порядок.

---

1. RoussilheG. и др. Purer than pure: how purity reshapes the upstream materiality of the semiconductor industry. 2025.

УДК 543.421

ПОЗДЫШЕВА М.А., МОЧАЛОВ Г.М.

АНАЛИЗ ТЕТРАХЛОРИДА КРЕМНИЯ НА АТОМНО-АБСОРБЦИОННОМ СПЕКТРОФОТОМЕТРЕ АА-7000

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

В настоящее время современная оптоэлектроника, микроэлектроника и наноэлектроника не обходятся без высокочистых веществ. Среди элементов, которые используются в полупроводниковой технике, безусловными лидерами являются кремний и его летучие соединения, в частности тетрахлорид кремния (ТХК).

Тетрахлорид кремния, а также полученный из него кремний, используют в производстве монокристаллического кремния, эпитаксиальных пленок, солнечных батарей, фотодетекторов, наноструктур кремния и оптического волокна. В связи с этим к чистоте тетрахлорида кремния предъявляются высокие требования, так как наличие микропримесей металлов может существенно влиять на электрофизические, структурные и оптические свойства кремния и оксида кремния, полученного с использованием $SiCl_4$, что приведет, в дальнейшем, к снижению качества и надежности полупроводниковых и оптических материалов.

Многообразие примесей и особые требования к высокочистым веществам для производства полупроводниковых и оптических материалов обусловили необходимость развития методик анализа тетрахлорида кремния, которые позволят проводить анализ продукта на содержание примесей на уровне концентраций 10 – 100 ppt, а также обеспечить технологический контроль процессов синтеза и глубокой очистки.

В связи с этим представляет интерес исследование возможности анализа тетрахлорида кремния на наличие примесей металлов на атомно-абсорбционном спектрофотометре АА-

7000, используя электротермическую атомизацию. Данный метод анализа позволяет достичь низких пределов обнаружения на уровне 1 атома примеси на более, чем 10 млрд. молекул основы. Достоинствами данного метода является высокая чувствительность, возможность проведения анализа с малым объемом пробы и высокая селективность. Однако несмотря на широкие возможности прибора для анализа высокочистых веществ, реализация их возможна только при наличии и применении корректной методики пробоподготовки. ТХК является сложным объектом для анализа ввиду высокой химической агрессивности, поэтому актуальным является разработка методики его удаления или нейтрализации.

Из литературы известна методика пробоподготовки, связанная с удалением ТХК путем испарения с низкой скоростью и последующим растворением осадка нелетучих компонентов в водном растворе азотной кислоты. Однако при таком варианте вместе с основой удаляются летучие примеси и происходит потеря таких элементов, как B, As, P и Sb. В связи с этим представляет интерес подготовка пробы к анализу путем нейтрализации тетрахлорида кремния изопропиловым спиртом с образованием тетраизопропоксисилана. Проведен сравнительный анализ пробы, образовавшейся в результате реакции нейтрализации, и пробы, полученной по известной из литературы методике путем испарения.

Сравнение обеих методик пробоподготовки показало хорошее согласие. Проба, полученная путем испарения ТХК и растворения осадка нелетучих компонентов в водном растворе азотной кислоты, была предоставлена в аналитическую лабораторию ООО «Фирма «ХОРСТ» для проведения межлабораторного сравнительного эксперимента. Эта проба была проанализирована на атомно-эмиссионном спектрометре с индуктивно связанной плазмой. Установлена хорошая воспроизводимость результатов анализа.

УДК 621.357; 669.21/23

ВАСИН Е.Н., САДЫКОВ Е.М., ИВАШКИН Е.Г., КУПЧИШИН М.В., КУЗНЕЦОВ Е.М.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЭЛЕКТРОЛИТА ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО СЕРЕБРЕНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Дицианоаргентатнороданистый и синеродистороданистый электролиты (ДЦАР и СРР) получили широкое распространение в различных отраслях промышленности для нанесения серебряных покрытий гальваническим способом. Электролиты являются химическими аналогами друг друга и классических цианистых электролитов, рецептура которых предполагает наличие свободных цианидов натрия или калия [1]. Данные высокотоксичные и неустойчивые компоненты, необходимые для обеспечения стабильного растворения серебряных анодов с высоким выходом по току, а также улучшения качества покрытий, в ДЦАР и СРР заменены на малоопасный и устойчивый при эксплуатации роданид калия. Качество покрытий, нанесённых из ДЦАР и ССР, близко к качеству покрытий из цианистых электролитов [2].

Однако рассматриваемые составы не лишены недостатков, проявляющихся при длительной эксплуатации электролитов. Ввиду цементации серебра более электроотрицательными основами из меди и её сплавов, являющихся ведущим материалом в радиоэлектронной промышленности, а также медным подслоем в электролите накапливается медь, содержание которой для ДЦАР не должно превышать 10 г/л [2]-[4]. Добавки ПАВ, вводимые в электролиты, со временем деградируют и требуют очистки ванн индивидуально подобранными сорбентами. Также известным недостатком является накопление роданистого комплекса серебра [4].

Нами исследован производственный дицианоаргентатнороданистый электролит, прошедший длительную эксплуатацию. Состав по данным химического анализа, а также рекомендованная рецептура согласно [5] приведены в табл. 1.

Таблица 1
Состав исследуемого электролита (1) и рекомендуемая рецептура (2)

Компонент	Концентрация, г/л	
	1	2
Ag (в пересчёте на металл)	26,40	35-50
KSCN	249,0	200-250
K_2CO_3	44,4	20-30
Режим		
t, ℃	18-50	15-25
$j_к$	0.7-1.0	1-2

Дополнительные измерения для исследуемого состава: pH = 10.20; d = 1.200 г/см^3.

При нанесении покрытий на образцы из Л63 (предварительная подготовка: обезжиривание и травление) выявлены следующие дефекты: адгезия покрытия к основе понижена, покрытие отслаивается фольгой; наличие серебряного порошка на покрытии; цветные пятна различной окраски. Работа при повышенной температуре и варьирование плотности тока существенного влияния не оказывают.

Как видно из данных анализа, концентрации компонентов (серебро в пересчёте на металл и углекислый калий) несколько отличаются от рекомендованных рецептурой вышеприведённого отраслевого стандарта. Однако по литературным данным формально это не является критичным. Так, от концентрации серебра зависит максимально допустимая катодная плотность тока. При концентрации Ag (по металлу) 25-30 г/л интервал рабочих плотностей тока 0.7-1.0 А/дм^2 вполне реализуем [2]. Концентрация углекислого калия допустима до 150 г/л [3].

Была исследована катодная поляризационная зависимость (катодная кривая), приведённая на рисунке. Для сравнения также приведена снятая в аналогичных условиях зависимость в свежеприготовленном электролите состава, г/л:

Ag – 36,0
KSCN – 248,0
K_2CO_3 – 25,0

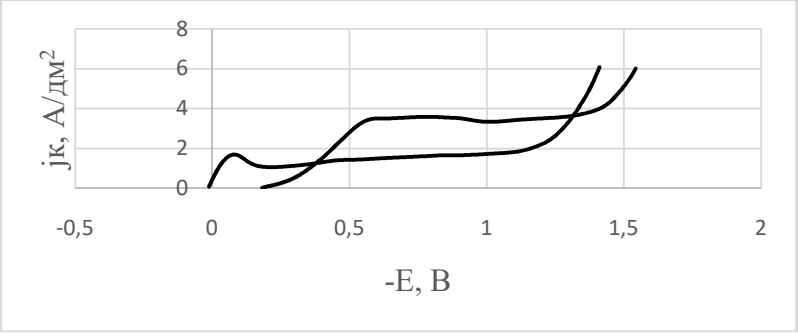


Рис. 1. Катодная поляризационная зависимость в производственном (Ex около 0 В) и свежеприготовленном (Ex -0,19 В) электролите

Электроды – Ag, скорость развёртки потенциала 10 мВ/с. Температура 25 °С

Исходя из вышеприведённых данных, имеющегося опыта работы с производственными электролитами, а также анализа литературы по теме были выдвинуты следующие гипотезы о причинах снижения качества покрытий:

1) накопление примесей меди и железа;
2) накопление роданистого комплекса серебра.

Последовательно проверены обе гипотезы.

Результат химического анализа электролита на примеси металлов:
Cu – 3,5 г/л, Fe< 0,008 г/л. Превышения норматива [3] по примесям нет.

В процессе осаждения покрытия прикатодный слой электролита обогащается цианид-ионами, образовавшимися при разряде на катоде комплексов серебра по реакции. Без некоторой выдержки деталей в электролите после отключения тока часть электролита, содержащая цианид-ионы, переносится в ванны улавливания, где наблюдается частичная карбонизация цианидов и окисление их кислородом воздуха. Кроме того, некоторая часть ионов серебра подвергается цементации материалами деталей и подвесочных приспособлений - медью и её сплавами, что приводит к связыванию цианид-анионов катионами меди. Эти факторы приводят к постепенной потере части цианид-анионов, что ведёт к накоплению в электролите избыточного количества роданистого комплекса серебра (РК), образующегося при растворении анодов.

В пользу правильности второй гипотезы свидетельствуют следующие факты:

1. В случае присутствия в электролите РК:

- Ех серебряного электрода будет смещён в положительную сторону. На поляризационной кривой появится дополнительная площадка.

2. РК существует в растворе только при значительном избытке свободного KSCN. При разбавлении электролита комплекс распадается согласно уравнению

$K_3[Ag(SCN)_4] \rightarrow AgSCN\downarrow + 3KSCN$

Осадок AgSCN – это и есть мелкодисперсные белые частицы, появляющиеся в промывной воде при промывке деталей, извлечённых из электролита, обогащённого РК.

Отметим, что все эти явления (смещение Ех в положительную сторону, дополнительная площадка на поляризационной зависимости (см. рис. 1) и помутнение промывной воды) в рассматриваемом случае имеют место быть.

На кафедре «ТЭП и ХОВ» НГТУ разработана методика определения доли серебра, заключенного в РК. Содержание серебра в РК в исследуемом электролите составило 57% (от общего количества металла в электролите). При этом наши исследования показали, что независимо от соотношения концентраций серебра и роданистого калия в электролите максимальное содержание серебра в виде РК, при котором дефектов на покрытии ещё нет, составляет 10%.

Таким образом, считаем подтверждённой версию о ведущей причине отказа электролита по причине накопления роданистого комплекса серебра свыше 10% от общего количества металла, аналогично электролиту, исследованному в работе [6]. Необходимо провести регенерацию электролита.

Библиографический список

1. Напух Э.З., Москвина М.В. О механизме электроосаждения серебра из дицианаргентатного электролита. Защита металлов. 1986. Т.22. №6. С.989-990.
2. Буркат, Г.К. Электроосаждение драгоценных металлов / Г.К. Буркат. – СПб.: Политехника, 2009. – 188 с.
3. РД 50-664-88. Методические указания. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Методы приготовления и корректирования электролитов. Введ. 01.07.89. М., 1989. 204 с.
4. Мелащенко, Н. Ф. Гальванические покрытия благородными металлами. Справочник / Н. Ф. Мелащенко. М.: Машиностроение, 1993. - 238 с.
5. ОСТ 107.460092.001-86. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Типовые технологические процессы. Книга 1. Введ. 01.04.1987. Москва. 1987. 259 с.
6. Е.Г. Ивашкин, Е.Н. Васин, М.В. Купчишин [и др.] Выбор эффективного способа извлечения серебра из отработанного дицианоаргентатнороданистого электролита серебрения. В сб.: Химия. Экология. Урбанистика. Материалы всероссийской научно-практической конференции (с международным участием). Т. 2. Пермь: Изд-во Пермского национального исследовательского политехнического университета, 2024. С. 28-32.

УДК 582.261/.279

СМИРНОВ М.А., БАЙДАЧЕНКО В.Е., НАЙДЕНКОВА А.А., КУЛАКОВ М.В.

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ КОМБИНИРОВАННОЙ ЭКСТРАКЦИИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЛИПИДОВ ИЗ БИОМАССЫ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Комбинированная экстракция, сочетающая предварительную ультразвуковую обработку с последующей экстракцией в аппарате Сокслета, является перспективным подходом для интенсификации выделения липидов из микроводорослей. В работе исследовано влияние общего времени экстракции (1, 2, 4 и 6 часов) на выход липидов и их жирнокислотный состав. Условия проведения процесса: температура ультразвуковой обработки 50–60 °С, время в УЗ-ванне фиксировано (0,5 ч), массовое соотношение растворитель: сухая биомасса = 37,7 : 1, объёмное соотношение хлороформ : метанол = 2 : 1, температура теплоносителя 70 °С, скорость перемешивания 400 об/мин.

Установлено, что увеличение длительности комбинированной экстракции до 2 часов положительно сказывается на накоплении ненасыщенных жирных кислот (ННЖК). При дальнейшем увеличении времени (4–6 ч) наблюдается снижение доли ННЖК и рост насыщенных жирных кислот (НЖК), что может быть связано с окислительными процессами (таблица). Максимальное содержание суммы ННЖК (67,70 %) достигается при 2 часах экстракции, при этом массовая доля олеиновой (С18:1) и линолевой (С18:2) кислот остаётся высокой.

Таблица 1

Зависимость жирнокислотного состава липидов от времени комбинированной экстракции

Состав	Значение			
	1 час	2 часа	4 часа	6 часа
Массовая доля С16-0 в липидах, %	29,3261	28,9711	29,0387	38,3063
Массовая доля С16-1 в липидах, %	1,7799	1,6382	1,8062	1,6552
Массовая доля С16-2 в липидах, %	3,189	3,056	3,2411	1,8087
Массовая доля С16-3 в липидах, %	4,2822	4,0919	4,4064	1,6133
Массовая доля С18-0 в липидах, %	3,4185	3,4568	3,2604	5,2373
Массовая доля С18-1 в липидах, %	28,9053	29,4105	28,0723	33,1508
Массовая доля С18-2 в липидах, %	22,3442	22,6492	23,119	15,4226
Массовая доля С18-3 в липидах, %	6,7547	6,7263	7,0559	2,8057
Массовая доля ΣПЖК в липидах, %	32,4279	32,2991	43,5436	40,7965
Массовая доля ΣННЖК в липидах, %	67,5721	67,7009	56,4563	54,2034

Таким образом, комбинированный метод (УЗ + Сокслет) позволяет получать липидную фракцию с высоким содержанием ненасыщенных жирных кислот при оптимальной продолжительности процесса 2 часа. Дальнейшее увеличение времени экстракции приводит к ухудшению качества липидов (снижению доли ННЖК). Полученные результаты могут быть использованы для разработки эффективных схем выделения липидов из микроводорослей при производстве биотоплива и биологически активных добавок.

УДК 66.03

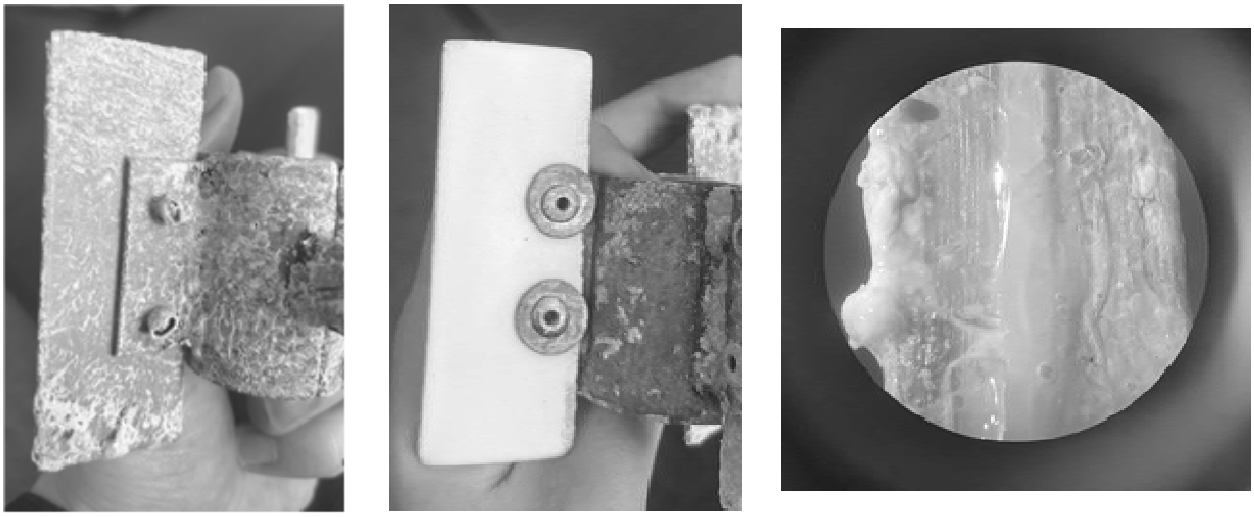
СЮГИН Е.С.[1,2], ПЕТРОВСКАЯ Н.А.[1,2], СУХАНОВ Д.Е.[1], ДЕМЧЕНКО О.А.[1]

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛЕНКООБРАЗОВАНИЯ НА СТЕНКАХ РЕАКТОРА СМЕШЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева
ООО «Компания Хома»

На сегодняшний день в химической промышленности для проведения процессов полимеризации преимущественно применяются реакторы смешения, выполненные из коррозионностойких сталей, в том числе марки 12Х18Н10Т и ее аналогов. В условиях эксплуатации на стенках такого оборудования в процессе полимеризации формируется прочная, плотная и трудноочищаемая пленка. По мере нарастания, пленка становится причиной ухудшения теплопередачи, нарушения температурных режимов технологического процесса и существенного увеличения трудозатрат, связанных с удалением отложений.

В данной работе был изучен процесс пленкообразования на двух типах материалов – коррозионностойкой стали марки 12Х18Н10Т и фторопласте. Исследования проведены в условиях реального технологического процесса с применением лабораторного и производственного технологического оборудования. Были изготовлены и интегрированы в реактор смешения испытательные образцы (из стали 12Х18Н10Т и фторопласта). В ходе проведения работ экспериментально доказано, что в процессе полимеризации на образце из стали марки 12Х18Н10Т образуется прочная, плотная и трудноочищаемая пленка (см. рис. 1, *а*, *в*), в то время как на образце из фторопласта пленкообразование минимальное (см. рис. 1, *б*).



а *б* *в*

Рис. 1. Пленкообразование на испытательных образцах:
а – образец из стали 12Х18Н10Т;
б – образец, футерованный фторопластом;
в – пленка полимера под микроскопом, увеличение х20

Таким образом было установлено, что для снижения интенсивности пленкообразования в реакторе смешения целесообразно использовать аппараты с футерованным покрытием внутренней поверхности обечайки.

УДК 66.03

ТЕРЁШИН М.А.,СУХАНОВ Д.Е, ДЕМЧЕНКО О.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОБОГОЩЕНИЯ СЕРНОГО КОЛЧЕДАНА СПОСОБОМ ЭЛЕКТРОФЛОТАЦИИ

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е Алексеева

Серный колчедан (пирит) содержит железо (около 46,6%) и серу (примерно 53,4%), нередко содержит примеси различных элементов, таких как кобальт, никель, мышьяк, медь, золото, селен и другие. Он является важным сырьём в производстве серной кислоты, железного купороса, серы, с помощью пирита можно осаждать золото из растворов. В металлургии используется для очистки газообразных паров от хлора. Используется в качестве добавки в удобрения. В качестве основного метода обогащения пирита применяется флотация.

В данной работе было проведено исследование возможности применения электрофлотатора как основного аппарата для обогащения пирита. Схема исследовательской установки приведена на рис. 1.

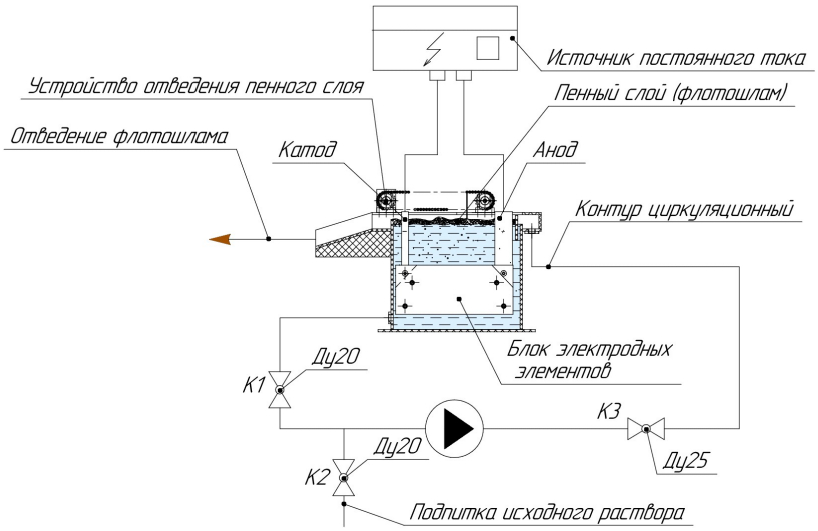
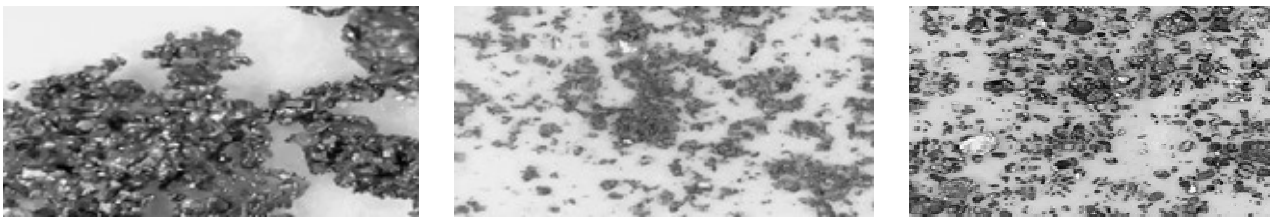


Рис. 1. Технологическая схема электрофлотационной установки

Микроскопические исследования образцов производились с использованием стереоскопического микроскопа МБС-9 и электронного микроскопа. Результаты приведены на рис. 2.



а *б* *в*

Рис. 2. Микроскопические исследования образцов:
а – исходный пирит; *б* – обогащенный пирит; *в* – флотированный пирит

В результате проведенных исследований было установлено, что электрофлотационный метод является эффективным для обогащения серного колчедана. Однако исследования в данном направлении требуют продолжения работ.

УДК 66.021.3

ТУТАНИНА Е.М., СИДЯГИН А.А., ЛУКЬЯНОВ Д.Р.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ НАСАДОК ДЛЯ ГРАДИРНИ

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Современное производство характеризуется высокими тепловыми нагрузками на оборудование. Для поддержания работоспособности установок и соблюдения технологического режима необходим контролируемый теплоотвод. Градирни служат эффективным решением данной проблемы: они обеспечивают устойчивое охлаждение оборотной воды, что позволяет не только защитить оборудование от перегрева, но и организовать оборотное водоснабжение с многократным использованием ресурса.

Ключевым элементом, определяющим эффективность работы градирни, является оросительное устройство. Оно предназначено для формирования поверхности взаимодействия воды и воздуха. Внутри оросителя реализуется основной теплообмен: жидкость, стекая под действием силы тяжести, преобразуется в пленку или диспергируется на капли, в то время как воздушный поток фильтруется сквозь эту завесу, обеспечивая отвод тепла.

По принципу действия и конструктивному исполнению оросители делятся на три основных типа: пленочный, капельный, капельно-пленочный.

В пленочных оросителях вода стекает тонкой пленкой по поверхности вертикальных или наклонных пластин, выполненных из различных материалов. Обеспечивают самую высокую эффективность охлаждения благодаря устойчивой пленке воды на большой поверхности. Применяются в энергетике и химической промышленности, где требуется глубокое и стабильное охлаждение.

В капельных оросителях вода разбрызгивается на капли при ударе о специальные рассекатели или перегородки, либо падает с яруса на ярус, многократно переформировываясь из пленки в капли и обратно. Такие оросители применяются в системах, где вода содержит загрязнения, которые могут забить узкие каналы пленочного оросителя (нефтехимия, некоторые металлургические производства).

Комбинированный тип – это инновационное решение, совмещающий принципы двух предыдущих. Считается наиболее прогрессивным и эффективным. Такая конструкция обеспечивает наибольшую площадь контакта и высокую турбулентность потоков, что максимально интенсифицирует процесс испарения. Они допускают значительную неравномерность распределения воды по верху, так как поток имеет возможность перераспределяться внутри объема. Универсальный тип для большинства современных промышленных и энергетических объектов.

Правильный выбор типа оросителя (пленочный, капельный, капельно-пленочный) позволяет обеспечить требуемую температуру охлажденной воды, минимизировать эксплуатационные затраты (связанные с аэродинамическим сопротивлением и износом) и гарантировать надежную и долговечную работу оборудования в конкретных условиях производства.

---

1. Пономаренко В. С. Градирни промышленных и энергетических предприятий / В. С. Пономаренко, Ю. И. Арефев. – М.: Энергоатомиздат, 1998. – 376 с.
2. Иванов, С. П. Полимерные оросители градирен / С. П. Иванов. - М. :Интер, 2009 (М.). - 165 с.

УДК 669.248 + 661.961

УТКИН Д.А., БАЧАЕВ А. А.

МАТЕРИАЛ И КОНСТРУКЦИИ КАТОДА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА ЭЛЕКТРОЛИЗОМ

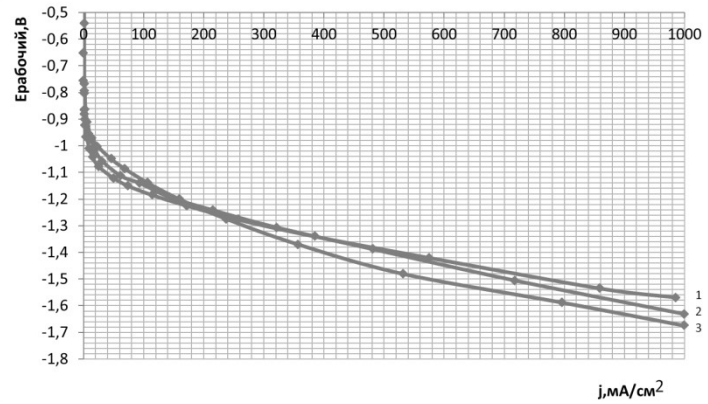
Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева

Электрохимическое разложение воды в электролизерах со щелочным электролитом используют для получения водорода. Главным недостатком щелочного электролиза является высокая стоимость катализаторов из композиций на основе благородных металлов, что позволяет максимально уменьшить затруднение при выделении водорода, и относительно низкая производительность.

Повышение производительности за счёт увеличения плотности тока должно сопровождаться мероприятиями по сдерживанию роста затруднений водородного процесса, что может быть достигнуто использованием специальных материалов и видов конструкций электрода. При выборе материала катализатора важными критериями являются каталитическая активность и истинная площадь поверхности. Большая часть современных предложений [1] относится к использованию материалов на основе никеля, что существенно удешевляет материал катода относительно катализаторов на основе благородных металлов.

В качестве объекта исследования использовались металлокерамические (МК) никелевые электроды, полученные спеканием порошка никеля, нанесенного на основу в виде никелевой сплошной фольги или сетки. В целях сравнения энергетических показателей использовались катоды из платиновой фольги.

Для определения величины рабочего потенциала выделения водорода снимались гальваностатические катодные поляризационные кривые в 10 М растворе NaOH при температуре 84℃.



1 - МК электрод на основе фольги, 2 - МК электрод на основе сетки, 3 - платина

Рис. 1. Поляризационные кривые выделения водорода в 10М NaOH при температуре 84℃.

Из полученных результатов следует, что процесс выделения водорода при 1000мА/см^2 идёт при менее отрицательных рабочих потенциалах на пористых никелевых структурах, чем на платиновой фольге, что, в первую очередь, объясняется более развитой рабочей поверхностью металлокерамических электродов.

Таким образом, использование для получения водорода катодов на основе спеченных порошков Ni является перспективным, но требует оптимизации состава и структуры.

---

1. Электрокаталитические и водородосорбционные свойства никелевых пористых электродов / П.Б.Кубрак, В.Б.Дроздович, И.М.Жарский, С.А.Жданок // Труды Национальной академии наук Беларуси. Серия химических наук. – 2010. − №3. – С. 5−9.

УДК 621.357.7 + 669.738

ЦАПАНОВА А.Д., КОЗИНА О.Л.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДОБАВКИ ЦКН-04С В ХЛОРИСТО-АММОНИЙНОМ ЭЛЕКТРОЛИТЕ ПРИ КАДМИРОВАНИИ СТАЛЬНЫХ ПРУЖИН

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Кадмиевые защитные покрытия сохраняют свою востребованность в ключевых отраслях промышленности – космической, авиационной, судостроительной и военной, несмотря на токсичность самого кадмия и его соединений. В условиях морского климата кадмиевые покрытия показывают более высокую коррозионную стойкость по сравнению с цинковыми, что в сочетании с эластичностью и сохраняющейся паяемостью после длительного хранения объясняет их востребованность.

Пружины, в том числе сжатия, выполняются чаще всего из пружинной стали 65С2ВА. В ходе эксплуатации они амортизируют удары и вибрации, компенсируют нагрузки и смещение. Внедрение атомарного водорода в кристаллическую решётку стали снижает упругие характеристики и механическую прочность покрытых деталей. На это можно повлиять при использовании электролита с низким наводораживанием.

В качестве такого электролита целесообразно использовать хлористо-аммонийный электролит кадмирования, так как выход по току составляет 95 – 98 %, а водорода – соответственно 2 – 5 %.

Электролит, применяемый в гальванических производствах, согласно ГОСТ 9.305-84, содержит мездровый клей, который характеризуется плохой растворимостью, сложностью введения в электролит и коротким сроком службы из-за биоразложения, приводящего к выходу его из строя [1].

В настоящее время в качестве замены мездрового клея предложен ряд более эффективных отечественных добавок в электролит кадмирования ЦКН-05С или ЦКН-04С [1].

В качестве альтернативы предприятием «НПП „СЭМ.М“» предложена добавка ЦКН-04С (15 – 20 мл/л), обеспечивающая повышение стабильности электролита и технологичности процесса.

ЦКН-04С создаёт на поверхности катода дополнительные затруднения для диффузии атомарного водорода в стальную основу и в кадмиевое покрытие, тем самым уменьшает наводораживание [2].

В интервале плотностей тока 0,25 – 1,5 А/дм² выход по току приближается к 100 %, с последующим увеличением плотности тока (до 3 А/дм²) выход по току уменьшается до 85 %.

В электролите с добавкой ЦКН-04С выше кроющая способность [3].

Оптимальная pH для работы составляет от 4 до 6, так как достигается большая адсорбционная способность.

Оптимальная температура проведения процесса равна от 18 °С до 25 °С. Ниже этого интервала снижается рассеивающая способность по металлу и падает кроющая способность, а повышение температуры приводит к осаждению матовых и шероховатых кадмиевых покрытий, что, вероятно, можно объяснить частичной десорбцией.

Добавка с успехом применяется на таких предприятиях, как ЗАО «Техно», АО «Корпорация „Тактическое ракетное вооружение“», АО «МЗЭМА», так как с 2016 года она успешно прошла испытания ФГУП «ВИАМ». В отличие от состава по ГОСТ 9.305-84, благодаря этой добавке, электролит не теряет свою работоспособность с течением времени.

Библиографический список

1. Григорян, Н. С., Шувалов, Д. А., Жирухин, Д. А., Смирнов, К. Н., Варграмян, Т. А., Архипов, Е. А. Универсальная добавка для кислых электролитов кадмирования / Н. С. Гри-

горян, Д. А. Шувалов, Д. А. Жирухин, К. Н. Смирнов, Т. А. Варграмян, Е. А. Архипов // Гальванотехника и обработка поверхности. – 2018. – № 4. – С. 21-30.
2. Смирнов, К. Н., Архипов, Е. А., Кравченко, Д. В. Наводораживание в бесцианистых электролитах кадмирования / К. Н. Смирнов, Е. А. Архипов, Д. В. Кравченко // Гальванотехника и обработка поверхности. – 2017. – № 4. – С. 10-15.
3. Смирнов, К. Н., Кравченко, Д. В., Архипов, Е. А. Безаммонийный электролит кадмирования / К. Н. Смирнов, Д. В. Кравченко, Е. А. Архипов // Гальванотехника и обработка поверхности. – 2015. – № 4. – С. 20-24.

УДК 66.088

ШИРОКОВ Д.А., БОДРИКОВ И.В., МАРТЫНОВ А.А., ТИТОВ Е.Ю.,ТИТОВ Д.Ю.

ПЛАЗМОХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ОСТАТКА КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА В СМЕСИ С ГЕКСАНОМ И ИЗООКТАНОМ

Нижегородскийгосударственныйтехническийуниверситетим.Р.Е.Алексеева

Термические методы переработки (висбрекинг, гидрокрекинг, коксование) тяжелых нефтяных фракций характеризуются рядом технологических ограничений, затрудняющих существенное повышение выхода легких углеводородных фракций. Ограничения обусловлены как термодинамической устойчивостью высокомолекулярных компонентов тяжелого сырья и высоким содержанием углерода, так и особенностями механизмов их термической деструкции. Применение неравновесной плазмы позволяет интенсифицировать разложение тяжелых углеводородов за счет высокой химической активности электронов и радикальных частиц, инициирующих нетипичные каналы превращения органических соединений с образованием водорода, ацетилена, метана и углеводородов состава C_3-C_6 [1]. Введение в реакционную массу источника водорода позволяет сместить равновесие в сторону образования газообразных продуктов и снижению выхода твердой фазы. В частности, использование гексана и изооктана в качестве низкомолекулярных углеводородных добавок потенциально позволяет снижать склонность системы к образованию твердой углеродистой фазы и одновременно повышать выход газообразных и легкокипящих продуктов.

В настоящей работе приведены результаты переработки остатка каталитического крекинга (ОКК) при добавлении гексана (5%масс.) и изооктана (5%масс.) под действием электрических разрядов при напряжении 700В. Для формирования однородной реакционной системы исходную смесь предварительно подвергали ультразвуковой обработке в течение 1 мин. Эксперименты проводили на лабораторной установке [1], включающей плазмохимический реактор, блок генерации и управления электрическими разрядами, осциллограф и систему улавливания газообразных продуктов.

Установлено, что введение 5% масс. гексана и изооктана приводит к увеличению доли газообразных продуктов на 9,7 и 10,8% соответственно по сравнению с пиролизом ОКК без введения добавок. Основными газообразными продуктами процесса плазмохимического пиролиза остатка каталитического крекинга являются водород, ацетилен, этилен, метан и др. Добавление гексана и изооктана приводит к увеличению содержания ацетилена на 20 и 6,2%мол. и этилена на 1,6 и 5,6%мол. соответственно по сравнению с переработкой без введения допирующих компонентов. Полученные результаты свидетельствуют о том, что введение низкомолекулярных водородосодержащих углеводородов позволяет направленно регулировать состав продуктов плазмохимической переработки остатка каталитического крекинга, повышая выход газообразных и легких фракций. Практическая значимость работы заключается в обосновании возможности целенаправленного управления селективностью

плазмохимической конверсии тяжелого нефтяного сырья с получением ценных нефтехимических продуктов.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда 21-73-10119

---

1. **Titov E.Y.** Non-Thermal Plasma Pyrolysis of Fuel Oil in the Liquid Phase / Bodrikov I.V., Vasiliev A.L., Kurskii Y.A., Ivanova A.G., Golovin A.L., Shirokov D.A., Titov D.Y., Bodrikova E.R. // Energies 2023, 16, 4017.

УДК 66.088

ЯКОВЛЕВ О.И., БОДРИКОВ И.В., ТИТОВ Е.Ю.

ПЛАЗМЕННЫЙ ПИРОЛИЗ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА И АЦЕТИЛЕНА

Нижегородскийгосударственныйтехническийуниверситетим.Р.Е.Алексеева

В условиях активного роста мировых рынков водорода, этилена и ацетилена актуально устойчивое обеспечение производств нефтехимическим сырьем. Пиролиз для производства мономеров и водорода проводится при высоких температурах 800-1200°С, что требует использования дорогостоящих жаропрочных и жаростойких сталей. Для поддержания температуры среды 1000°С сжигается 700м^3 природного газа на 1 тонну этилена. В процессе сжигания топливных газов выбрасывается 2-2,5 тонны углекислого газа на 1 тонну произведенного этилена. Одним из перспективных направлений развития методов получения мономеров и водородаявляется низкотемпературный плазмохимический пиролиз.

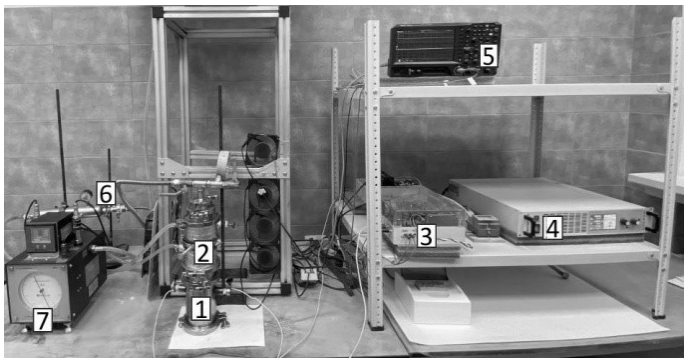


Рис. 1. Установка для проведения плазмохимического пиролиза:
1 - секционный реактор из нержавеющей стали; 2 - холодильник до -15℃; 3 - система управления для генерации электрических разрядов; 4 - источник постоянного тока до 750В; 5 - цифровой осциллограф MSO5074 Rigol; 6 - пробоотборник для анализа продуктов в газовой фазе;
7 - барабанный счетчик для измерения потока газа

Основным преимуществом плазменных процессов является возможность проведения химических реакций при комнатной температуре среды, что позволят отказаться от специальных сталейи материалов, а также дополнительного оборудования для подогрева среды [1]. При действии неравновесной низкотемпературной плазмы на углеводородное сырье, инициируется возбуждение органических веществ с протеканием реакций диссоциации, рекомбинации и поликонденсации [2].

Плазменный пиролиз гексана и декана проводился при 700В, 1–3 атм. Температура в реакторе не превышала температуру кипения компонентов. Выход газообразных продуктов при плазмохимическом пиролизе гексана и декана представлены в табл. 1.

Таблица 1
Состав газа пиролиза (% объёмные)

Сырьё	H_2	CH_4	C_2H_4	C_2H_6	C_2H_2	$\sum C_3$	n- C_4H_{10}	neo-C_5H_{12}	C_6+
Гексан	62,7	6,0	7,5	0,4	20,5	1,2	0,1	0,0	1,6
Декан	44,5	6,4	13,8	0,7	31,4	2,2	0,1	0,9	0,0

Экспериментально установлено, что плазмохимический пиролиз гексана и декана при комнатной температуре (20°С) и давлении 1–3 атм приводит к полной их конверсии в газовую фазу (>99,9% об.). Максимальный выход водорода (62,7%) достигнут при конверсии гексана, в то время как пиролиз декана характеризуется наибольшей селективностью по ацетилену (31,4% об.).

Библиографический список

1. *Ентус Н. Р., Шарихин В. В.* Трубчатые печи в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности М.: Химия, 1987,63 с.
2. *Bodrikov I. V., Ivanova A.G., Vasiliev A. L.* et al. Influence of low-voltage discharge energy on the morphology of carbon nanostructures in induced benzene transformation // RSC Advances. 2021. Vol. 11. P. 39428–39437.

УДК 547.9

ЯКОВЛЕВА А.Д., ГУБАНОВА Н.В.

БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА КОРЫ ИВЫ БЕЛОЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В последние годы растёт интерес к продуктам растительного происхождения, обладающим биологической активностью [1]. Причём эта тенденция касается многих сфер: производство косметики, продуктов питания, лекарственных препаратов и даже упаковки – всё это благодаря разработкам в области фитохимических веществ.

Этот тренд создаёт запрос на эффективные и доступные источники биологически активных веществ (БАВ). Например, кора ивы белой (Salixalba), произрастающей на территории России, вызывает интерес как источник флавоноидов (рутин, кверцетин), гидролизуемых и конденсированных танинов, фенольных соединений, содержащих кислотную группу (эллаговая, галловая кислоты) и биосинтетических предшественников салициловой кислоты [2].

В работе проведено выделение целевых компонентов из коры ивы белой следующим образом. В круглодонную колбу на 250 мл поместили свежесобранную кору ивы и залили 70% этиловым спиртом. В течение двух часов кипятили на водяной бане с обратным холодильником. При кипячении раствор приобрел насыщенный зелёный цвет, что свидетельствует о переходе в него хлорофилла и других растворимых в спирте соединений, которые в данных условиях могут давать жёлтые оттенки и, как следствие, усиление интенсивности окрашивания. Раствор охлаждали в течение часа в ёмкости со льдом для выпадения осадка.

Охлажденный раствор фильтровали. По реакции Шинода (цианидиновая проба) в осадке идентифицировали кверцетин. Было установлено, что в коре ивы содержалось 2,5% флавоноида. К аликвотной части спиртового экстракта добавили 5% раствор бикарбоната натрия, в результате чего кислоты перешли в хорошо растворимые соли. Экстракция водно-спиртового раствора бутилацетатом позволила выделить многоатомный фенол – пирогаллол, который проявляет флюоресцентную активность. После экстракции водную часть подкисли-

ли и вновь экстрагировали бутилацетатом. В экстракте обнаружены эллаговая и галловая кислоты, проявляющие флюоресцентную активность.

Таким образом, в ходе эксперимента из коры ивы выделили вещества, обладающие антиоксидантной активностью: флавоноиды, пирогаллол и фенольные соединения, содержащие карбоксильную группу.

Библиографический список

1. Mordor Intelligence. Organic Herbal Extracts Market Size, Share & 2025-30 Outlook. ReportID: 5008741, 2025.
2. Фролова, О.О. Биологически активные вещества растений рода ива (Salix L.) // Pharmacy&Pharmacology. – 2016. – Т. 4. – № 2(15). – С. 41-59.

СЕКЦИЯ 10

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

УДК 681

БОЧКАРЕВА М.Д.

БЕСПЛАТФОРМЕННАЯ ИНЕРЦИАЛЬНАЯ НАВИГАЦИОННАЯ СИСТЕМА И АСТРОВИЗИРУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО: ВОПРОС СОГЛАСОВАНИЯ

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Астровизирующее устройство (АВУ) повышает точность определения бесплатформенной инерциальной навигационной системы (БИНС) координат и углов в режиме автономной навигации без поддержки спутниковых систем путем ограничения накопления ошибок.

АВУ предоставляют точные абсолютные угловые ориентиры, которые используются для калибровки и коррекции ошибок БИНС [1]. Дрейф гироскопов в БИНС приводит к накоплению ошибок в ориентации со временем. АВУ компенсируют этот дрейф, обеспечивая долгосрочную стабильность навигационного решения.

В основе вычислительных алгоритмов ИНС лежат алгоритмы идеальной работы ИНС [2]. В начале алгоритма формируется начальный вектор состояния ИНС, который в дальнейшем будет использован для коррекции ошибок при помощи АВУ:

$$\vec{X} = \begin{bmatrix} \hat{\Lambda}_{и1} \\ \vec{R}_{и} \\ \vec{V}_{и} \end{bmatrix}$$

где $\hat{\Lambda}_{и1}$ – кватернион перехода от связанной СК к инерциальной СК, $\vec{R}_{и}$ – вектор прямоугольных координат, $\vec{V}_{и}$ – вектор скоростей в инерциальной СК.

Результаты моделирования ошибок счисления координат и скоростей представлены на рис. 1 и рис. 2. Из графика видно, что ошибка счисления составила менее 5 м.

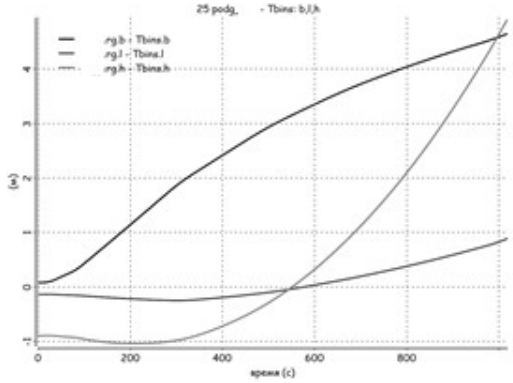


Рис. 1. $\Delta B, \Delta L, \Delta H$ **, м**

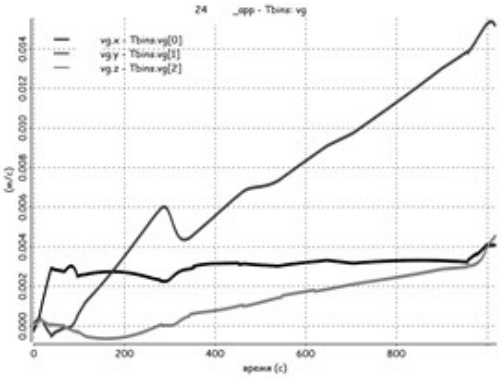


Рис. 2. $\Delta \vec{V}_g$, м/с

В результате работы был реализован алгоритм автономного счисления координат и вектора скорости в инерциальной системе координат. Астровизирующее устройство позво-

ляет скомпенсировать накопление ошибки БИНС, которые накапливаются с течением времени работы.

Библиографический список

1. Андреев В.Д.Теория инерциальной навигации. Автономные системы / В.Д. Андреев. – М.: «Наука», 1966. – 579 с.
2. Фридлендер Г.О.Инерциальные системы навигации / Г.О. Фридлендер. – М., 1961. – 154 с.

УДК 004.942

БУГАЕНКО Р.А.

МОДЕРНИЗАЦИЯ БЛОКА РАЗГОНА ДВИГАТЕЛЯ ДИНАМИЧЕСКИ НАСТРАИВАЕМОГО ГИРОСКОПА УНИФИЦИРОВАННОГО

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р. Е. Алексеева

Ключевыми факторами задействования блоков разгона является увеличение быстродействия, повышение точности [1].

Встраивание блоков разгона также приводит к более быстрой адаптации к изменению характеристик среды, для этого корректируется угол наклона или поворота в режиме реального времени [2].

Целью данной работы является модернизация существующего блока разгона, для использования его в лабораторных условиях при работе с ДНГУ, проводимые модификации преследует цели улучшения характеристик БР и улучшение взаимодействия с ним.

Модернизация будет производиться над схемотехнической составляющей БР, в частности над элементами управления работой гироскопа.

Задачами модификаций в блоке разгона будут ставиться достижения в виде: увеличения запаса времени на 20%, разработки возможности проведения отладки без включения всего блока разгона, а также добавление возможности измерения токов в фазах.

Исходя из условий использования, самым удобным как для установки, так и для отладки модифицируемого блока разгона будет метод конструирования блока разгона одним единым модулем. Таким образом, все элементы будут располагаться на одной двусторонней плате. При конструировании важно учесть расположение отладочных разъемов, чтобы к ним был предоставлен удобный доступ, который при этом не будет вредить общей прочности конструкции платы.

Процесс форсированного разгона двигателей датчика ДНГУ состоит из трех этапов – начального старта, форсированного разгона и рабочего режима.

Режим начального старта начинается с момента подачи на изделие питающего напряжения +24 В.

Время форсированного разгона двигателя не превышает 2 с. Длительность, и циклограмма форсированного разгона контролируется рабочей программой в микропроцессоре.

В рабочем режиме блок разгона поддерживает заданные обороты с точностью 1% от номинального значения. На мостовые схемы управления фазными обмотками двигателей подается рабочее стабилизированное напряжение 5…8 В.

Время стабилизации номинальных оборотов двигателя после форсированного разгона не превышает 0,06…1 с. При снижении величины оборотов двигателя ниже 70% от номинального значения происходит аварийное завершение рабочей программы с отключением питающих напряжений.

Библиографический список

1. Т.В. Лисенкова, Е.И. Лазарева. Разработка блока разгона динамически настраиваемого гироскопа унифицированного // – Сборник статей по материалам IX Всероссийской научно-практической конференции. Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева – 2023. – С. 224-227
2. Бугаенко Р.А. Актуализация и модернизация блока разгона динамически настраиваемого гироскопа // – Программа и материалы XII Международной научно-технической конференции «Современная элементная база радиоэлектроники и её применение им. О.В. Лосева» – Электрон. дан. – Н. Новгород: Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е.Алексеева, 2025. и сайт Российского научно-технического общества радиотехники, электроники и связи (РНТОРЭС) им. А.С. Попова–С. 70-72

УДК 621.317.18

ВИНОГРАДОВ И.Д.

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ИДЕНТИФИКАЦИИ ФАЗОВЫХ ЗАДЕРЖЕК В АНАЛОГО-ЦИФРОВОМ ТРАКТЕ ВОЛНОВОГО ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ГИРОСКОПА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,
Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р. Е. Алексеева

На сегодняшний день волновые твердотельные гироскопы (ВТГ) с металлическим резонатором являются одними из перспективных датчиков первичной информации подвижных объектов.

Преимуществом ВТГ в сравнение с классическими гироскопами является отсутствие подвижных частей, что позволяет создавать приборы длительного ресурса работы. Производство ВТГ не требует специальных технологий по типу фотолитографии и травления кремния как при производстве микромеханических гироскопов или объёмной обработки кварцевого стекла при изготовлении полусферических резонаторов [4].

Целью данной статьи является исследование и проектирование способов выявления фазовых запаздываний в аналого-цифровом тракте (АЦТ) волнового твердотельного гироскопа посредством метода автоматической калибровки.

Одним из основных источников ошибок в «ВТГ-ДУС» является асимметричное несоответствие массы, жёсткости и демпфирования обработанного резонатора, что является следствием присущих ограничений в процессе обработки. Также сюда относят несоответствия коэффициентов усиления и ошибки фазовых запаздываний, которые могут быть связаны с ограничениями в процессе сборки и пайки, а также несоответствиями в электронике [7].

Как правило, ошибки фазовых запаздываний неизбежно вносятся схемами преобразования, процессами измерения и демодуляцией сигнала, фильтрами нижних частот, системами АЦП и ЦАП, а также усилителями в ВТГ [5, 7].

Кроме того, к источникам фазовой ошибки также относится механическое фазовое запаздывание, проявляющееся как разность фаз между сигналом вибрации резонатора и сигналом движущей силы. Эти ошибки приводят к взаимной связи управляющих сигналов между каналами, что вызывает дополнительный дрейф угловой скорости и влияет на характеристики гироскопов [7].

Результаты эксперимента показывают, что ошибка фазы приводит ко второй гармонике распределения стоячей волны. Кроме того, дополнительная ошибка угловой скорости увеличивается с изменением $\delta\varphi$, когда разделение частоты остаётся постоянным. Также наблюда-

ется, что амплитуда дополнительной погрешности угловой скорости линейно увеличивается с разделением частоты и фазовой погрешностью, что согласуется с анализом модели.

Библиографический список

1. **Лунин Б.С., Матвеев В.А.** Волновой твердотельный гироскоп. Теория и технология. М.: Радиотехника, 2014. 176 с.
2. **Матвеев В.В**. Волновой твердотельный гироскоп с металлическим резонатором. Известия ТулГУ. Технические науки. 2020. Вып. 11
3. **Ратхор Т.С.** Цифровые измерения. Методы и схемотехника / Т.С. Ратхор. М.: Техносфера, 2004. 376с.
4. **Chikovani V.V., Yatsenko Yu. A., Kovalenko V.A., Scherban V.I.** Digitally controlled High Accuracy Metallic Resonator CVG//Proc. Symposium Gyro Technology Stuttgart. 2006. P. 4.0 – 4.7.
5. **Ning Y., Wang C., Xi B., Tian Z., Zhang B.** Identification and correction of phase delay errors for hemispherical resonator gyroscopes (2025).

УДК 681.5

ВЛАСОВ К.В., ВАДОВА Л.Ю.

ИССЛЕДОВАНИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Процесс концентрирования серной кислоты относится к непрерывным химико-технологическим процессам, в которых качество продукта определяется поддержанием требуемых теплового и материального режимов [1][2]. Объектом исследования является концентратор, в котором под действием нагретых топочных газов из слабой серной кислоты испаряется вода, вследствие чего достигается требуемая концентрация продукта.

Целью работы является исследование динамических свойств процесса концентрирования серной кислоты и обоснование более эффективного способа стабилизации температурного режима. В качестве основных переменных, характеризующих состояние объекта, рассматриваются концентрация концентрированной серной кислоты и ее температура. К числу входных воздействий относятся расход слабой серной кислоты и расход воздуха, подаваемого для разбавления топочных газов [1][2].

Для анализа объекта использована математическая модель, построенная на основе уравнений материального и теплового баланса при допущениях о постоянстве теплофизических свойств и отсутствии потерь вещества и энергии во внешнюю среду [3][4]. На базе полученной модели выполнено моделирование в среде Simulink, что позволило исследовать влияние основных возмущений на выходные координаты объекта и определить наиболее значимые каналы управления.

Результаты моделирования показали, что для регулирования температуры концентрированной серной кислоты целесообразно использовать изменение расхода воздуха как основное управляющее воздействие. Для повышения качества регулирования были рассмотрены ПИ-регулятор и ПИД-регулятор с автоматической настройкой параметров. Сравнение переходных процессов показало, что применение ПИД-регулятора позволяет сократить время выравнивания температуры примерно в 2 раза по сравнению с ПИ-регулированием.

Таким образом, совершенствование температурного контура управления является одним из наиболее эффективных направлений повышения качества процесса концентрирования

серной кислоты. Использование математической модели и имитационного моделирования позволяет выявлять чувствительные параметры объекта, оценивать влияние возмущений и обосновывать выбор алгоритма регулирования [1][3].

Библиографический список

1. Павлов Ю.Л., Зиятдинов Н.Н., Рыжов Д.А. Системный анализ химико-технологических процессов как объектов управления и методы настройки регуляторов: учебное пособие. Казань: КНИТУ, 2013. 88 с.
2. Лабутин А.Н., Волкова Г.В. Технологические процессы и производства как объекты управления: учебное пособие. Иваново: Иван. гос. хим.-технол. ун-т, 2010. С. 33-35.
3. Кафаров В.В., Глебов М.Б. Математическое моделирование основных химических процессов. М.: Высшая школа, 1991. 400 с.
4. Умергалин Т.Г. Математическое моделирование основных химико-технологических процессов: учеб. пособие. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2001. 61 с.

УДК 621.039

ГОЛУБЕВ С.Р., СОБОРНОВ А.Е., МАЦИН Н.В., СТОРОЖУН К.А., БЫСТРОВ Н.С., ЛАТУХОВА К.А.

ЧИСЛЕННОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНИМОСТИ НОРМАТИВНЫХ ТРЕБОВАНИЙ К ДЛИНАМ ПРЯМЫХ УЧАСТКОВ ТРУБОПРОВОДОВ ПРИ УСТАНОВКЕ СУЖАЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

При проектировании участков теплофизического стенда, где расположены сужающие устройства для измерения расхода путём перепада давления, необходимо обеспечить условия для стабилизации потока. Ключевым фактором является формирование установившегося профиля скорости, который нарушается из-за местных сопротивлений на трассе. Нормативные документы, такие как РД 50-411-83 [1], задают минимальные длины прямых участков до и после сужающего устройства, вычисляемые с учётом коэффициентов запаса. Эти коэффициенты вводятся для учёта неидеальных условий работы и погрешностей монтажа, но при этом заметно увеличивают расчётные расстояния. В результате возникает системное противоречие между требованиями стандарта и реальными возможностями компоновки оборудования.

На практике, при проектировании экспериментальных стендов, выдержать указанные длины с запасом часто оказывается физически невозможно из-за ограниченного пространства. Это противоречие заставляет искать пути создания расчётных моделей, которые позволили бы оценить, как сокращение монтажных участков влияет на точность измерений, и технически обосновать допустимые отступления от нормативных требований.

Решение данной задачи выполняется методами вычислительной гидродинамики в пакете ANSYS CFX. В расчётах использовалась SST – модель турбулентности. Для построения конечно-элементной модели расчётной области применялась однородная тетраэдральная сетка размерностью 11,3 млн ячеек. Ключевым требованием к качеству сетки являлось обеспечение безразмерного параметра пристеночного расстояния $y^+ < 5$, что позволило выполнить разрешение вязкого подслоя.

Полученные результаты позволили выработать рекомендации по выбору расчётной схемы при моделировании течений в сужающих устройствах в условиях ограниченных прямых участков.

---

1. РД 50-411-83. Методические указания. Расход жидкостей и газов. Методика выполнения измерений с помощью специальных сужающих устройств. – Введ. 1984-07-01. – Москва: Изд-во стандартов, 1984. – 53 с.

УДК 621.31

ГРОМОВ В.В.

РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ ЦИФРОВОГО КОНТУРА СТАБИЛИЗАЦИИ

Арзамасскийполитехнический институт (филиал) НГТУ им Р.Е.Алексеева

Согласно техническому заданию цифровой контур стабилизации блока управления беспилотного объекта должен выполнять следующие функции:

- информационное взаимодействие с аппаратурой подготовки и пуска (АПП) носителя в соответствии с ГОСТ 18977-79, РТМ 1495-75;
- обмен информацией с блоком чувствительных элементов, рулевых приводов (РП) в соответствии с ГОСТ Р 52070-2003 по каналу МКПД-D с частотой 400 Гц;
- обмен информацией с БЧЭ и пилотажно-навигационной системой (ПСН) по каналам RS-422 с трансляцией информации от датчиков БЧЭ в ПСН с частотой 250 Гц (для повышения помехозащищенности и устойчивости слежения ПСН за сигналами спутниковых навигационных систем);
- прием сигнала «метка времени» от ПСН с частотой 1Гц;
-реализация в микроконтроллере алгоритма стабилизации (цифровой контур управления) и выдача управляющих сигналов на рулевые приводы РП1-4 через ЦАП1-4 и усилители привода УРП1-4;
- обмен информацией с модулем МВ на базе УВ24-3М по каналам SPI-A(B);
- обмен информацией с модулем МВ на базе ЭВМ «Багет-83В» по каналу МКПД-С;
- преобразование контролируемых сигналов в цифру для выдачи в составе телеметрической информации и проведении самоконтроля.

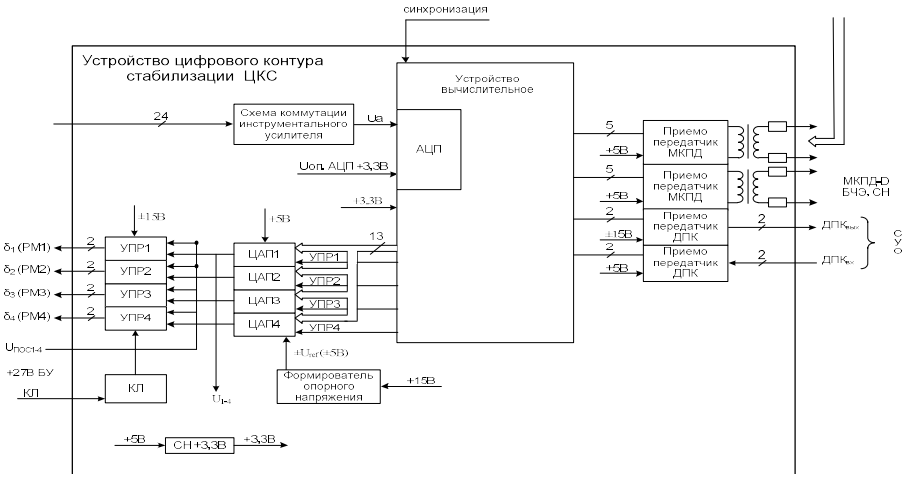


Рис.1. Функциональная схема цифрового контура стабилизации

Функциональная схема цифрового контура управления на микроконтроллере представлена на рис. 1.

Система стабилизации беспилотного дистанционно управляемого объекта представляет собой совокупность приборов и реализованных в бортовых ЭВМ алгоритмов, обеспечивающих устойчивое движение центра масс БО [1].

---

1. Бортовой комплекс средств связи КСС-23. Руководство по технической эксплуатации. ЛНВК.461231.001-01 РЭ. 2019. - 105 с.

УДК 681.51

ГУЩИН К.О., ГУСЬКОВ А.А.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КАЛИБРОВКИ БЛОКА АКСЕЛЕРОМЕТРОВ С ИНФОРМАЦИОННОЙ ИЗБЫТОЧНОСТЬЮ

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

В научной литературе представлено множество методов калибровок акселерометров. Обсуждаются методы векторной и скалярной калибровки, количество необходимых положений при калибровке, точность используемых стендов, однако все они справедливы для трёхосных датчиков или систем с ортогональным расположением измерительных осей.

Блок акселерометров (БА) с информационной избыточностью обладает дуальностью, и может рассматриваться как трёхосный датчик после пересчета выходных данных акселерометров или как система из четырёх измерителей с неортогонально расположенными осями. В первом случае возможно использовать стандартные методы калибровки, однако используя свойство избыточности информации, снимая данные со всех четырёх датчиков, можно получить расширенную статистику выходных сигналов в тех же физических положениях. Использование избыточности информации позволит с большей точностью определить калибровочные коэффициенты и заложенные в модель погрешности. Это особенно актуально при проведении калибровки на грубом одноосном стенде, когда нет возможности с высокой точностью оценить погрешности установки стенда на основание, а количество положений определяется вращением только вокруг одной оси. Применение одноосного стенда без точной выставки вносит дополнительные неизвестные в уравнения калибровки и требует большего количества калибровочной информации.

Предлагаемая методика калибровки БА с информационной избыточностью осуществляется на одноосном грубом стенде, а именно оптической делительной головке (ОДГ), посредством последовательной установки БА в 16 положений. Каждая ориентация определяется двумя поворотами: вокруг оси вала ОДГ и вокруг оси Z, коллинеарной вектору ускорения свободного падения $\vec{g}$. Шаг поворота равен 90^0. Поворот вокруг оси Z осуществляется за счёт применения оснастки – она является промежуточным звеном между валом ОДГ и БА. Оснастка имеет четыре крепежных отверстия, за которые с помощью двух винтов крепится БА. Так как невозможно оценить точность геометрии БА, оснастки и установки ОДГ, появляются погрешности, выражаемые в углах разворотов системы относительно идеальной системы координат. При установке БА на оснастку появляется погрешность, определяемая углом поворота Δ, при установке оснастки на ОДГ появляется погрешность, определяемая углом поворота $\Delta_Б$. Погрешность установки ОДГ на горизонтальную поверхность обусловлена поворотом вокруг оси Y на угол Δ_2 и поворотом вокруг оси X на угол $-\Delta_1$. Таким образом, при калибровке необходимо вычислить 24 неизвестные: масштабные коэффициенты, смещения нуля, матрицу направляющих косинусов и погрешности геометрии. Применение системы БА с

информационной избыточностью позволяет получить 68 уравнений, что делает систему переопределенной, а значит повышает точность вычисления неизвестных.

По описанной методике калибровки была проведена апробация на макете с последовательным использованием трех и четырех измерительных осей. Сравнение результатов калибровки показало, что метод калибровки по четырем осям имеет бóльшую точность, чем метод калибровки по трем осям: погрешность измерений составляет 0,7% и 2% от ускорения g соответственно. Оценена точность определения углов $\Delta_1, \Delta_2, \Delta, \Delta_Б$. Углы Δ_2, Δ вычислены с точностью до десятых угловых минут, углы $\Delta_1, \Delta_Б$ вычислены с точностью до десятых градуса.

УДК 59.14.15

ДУДИН А.С., КАРАСЕВА Т.В.

РАЗРАБОТКА АДАПТЕРОВ ПОВЕРОЧНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ГАЗОВЫХ СЧЕТЧИКОВ

Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева
Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Поверка газовых счетчиков является обязательной частью обеспечения единства измерений, а точность результатов напрямую зависит от стабильности расхода, герметичности соединений и правильного подключения прибора к испытательному стенду [1, 2]. Как правило, в рамках предприятия изготавливают различные серии газовых счетчиков, которые имеют разные диапазоны измерения и конструктивные исполнения по диаметру присоединительных труб. Для их проверки на стадии выпуска использую промышленные установки, к которым требуется разработка универсальных переходных элементов, позволяющих подключать счетчики разных типоразмеров без полной замены испытательного узла.

Для установок такого типа характерна работа с фланцевыми присоединениями на необходимое давление. Диаметры адаптеров определяются калибрами газовых труб, и это как правило 50 мм, 80 мм, 100 мм и 150 мм. Он должен обеспечивать точную соосность, прочность и герметичность во всем диапазоне технических требований поверки [2].

Конструкция разрабатываемого элемента должна сохранять работоспособность при испытательном давлении и объеме камеры, и максимально допустимом усилии зажима. В качестве материала корпуса целесообразно использовать латунь ЛС59-1 либо нержавеющую сталь 12Х18Н10Т, а в качестве уплотнений – NBR, паронитовые или фторопластовые элементы в зависимости от среды и режима работы [2].

Разрабатываемые адаптеры должны оцениваться на циклическую прочность с многократными циклами установки и демонтажа без потери жесткости и герметичности, т.к. длительность испытаний может составлять до 15 минут при непрерывной работе до 24 часов в сутки [2]. Для сокращения срока проектирования применяют математическое моделирование с помощью различных программных продуктов.

Применение таких адаптеров сокращает время переналадки стенда, уменьшает количество переходников и повышает удобство эксплуатации. Для подобных установок предусмотрена возможность поверки нескольких приборов с последовательным управлением режимами, поэтому механизированная смена унифицированных адаптеров влияет и на повышение производительности, при этом снижается вероятность ошибок при монтаже.

Библиографический список

1. Об обеспечении единства измерений: Федеральный закон от 26.06.2008 № 102-ФЗ // Официальный интернет-портал правовой информации. URL: https://pravo.gov.ru (дата обращения: 13.04.2026).

2. Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке: приказ Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 31.07.2020 № 2510 // Официальное опубликование правовых актов. URL: https://publication.pravo.gov.ru (дата обращения: 13.04.2026).

УДК 681.58

ЖДАНКИН Н.С., ГУСЬКОВ А.А.

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ И МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ В ГИРОИНЕРЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

В статье проводится сравнительный анализ применения микроконтроллеров (МК) и программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) при построении гироинерциальных систем (ГИС).

Актуальность работы обусловлена растущими требованиями к точности, быстродействию и детерминированности обработки сигналов от гироскопов и акселерометров в навигации, робототехнике и управлении беспилотными платформами.

Целью работы является количественная оценка временных задержек при опросе инерциальных датчиков по интерфейсу SPI для двух типов вычислительных платформ.

Микроконтроллер (например, STM32 на ядре ARM Cortex-M) выполняет все операции последовательно, согласно программе, что при высокой частоте опроса датчиков и обработке нескольких каналов приводит к увеличению задержек и дополнительной нагрузке на ядро от прерываний. ПЛИС, напротив, позволяет строить полностью параллельную архитектуру, где каждый канал данных обрабатывается независимым аппаратным модулем, работающим на частоте до нескольких гигагерц.

При последовательном опросе 8 датчиков на микроконтроллере (частота SPI = 1 МГц, кадр 16 бит) время приёма данных составляет около 140–150 мкс за счёт программного переключения линий CS и последовательного характера обмена. В ПЛИС можно реализовать 8 независимых SPI-мастеров, работающих параллельно, что сокращает общее время приёма до 16 мкс (время одного кадра). Кроме того, задержка в ПЛИС строго детерминирована и не зависит от фоновых процессов.

При увеличении числа датчиков в микроконтроллере задержка растёт линейно (последовательная обработка). В ПЛИС добавление нового канала не увеличивает общее время отклика, так как каждый канал обрабатывается своим параллельным модулем.

ПЛИС обеспечивают минимальное и детерминированное время отклика благодаря параллельной обработке данных, что делает их предпочтительной платформой для высокоточных навигационных систем и гироинерциальных блоков с высокими требованиями к реальному времени. Микроконтроллеры остаются эффективными в менее требовательных и экономичных решениях, однако при росте числа каналов и повышении требований к задержкам они быстро достигают своих архитектурных ограничений.

Библиографический список

1. Матвеев В.В., Распопов В.Я. Основы построения бесплатформенных инерциальных навигационных систем. – СПб.: ГНЦ РФ ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2009. – 280 с.

2. Ушенина И.В. Проектирование цифровых устройств на ПЛИС : учебное пособие для вузов. – 3-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2025. – 408 с. – ISBN 978-5-507-52271-2.

УДК 621

ЖДАНКИН Н.С., ГУСЬКОВ А.А.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ FPV-ДРОНОМ С ОПТОВОЛОКОННОЙ ЛИНИЕЙ СВЯЗИ И КОМБИНИРОВАННЫМ ОДКЛЮЧЕНИЕМ ОПЕРАТОРА К НАЗЕМНОЙ СТАНЦИИ

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Средства радиоэлектронной борьбы (РЭБ) эффективно подавляют стандартные радиоканалы управления FPV-дронами, что делает оптоволоконную линию связи единственным помехозащищённым решением. Однако при этом оператор, находящийся в укрытии, вынужден либо тянуть провод до наземной станции через опасную зону, либо мириться с неудобствами. В настоящей статье рассматривается разработанная система, в которой оператор подключается к наземной станции управления (НСУ) либо по проводу (кабель), либо по радиоканалу (ELRS для команд, 5.8 ГГц для видео) – на любой удобной дистанции стабильного сигнала. Сама НСУ соединена с дроном только оптоволокном. Такая схема позволяет гибко выбирать способ подключения: провод – для максимальной надёжности, радио – чтобы не тянуть кабель через опасную зону, при этом канал управления дроном полностью защищён от РЭБ.

Разработанная система включает:

– наземную станцию управления (НСУ) с коммутацией входных сигналов от оператора (по проводу или через приёмники ELRS и 5.8 ГГц), оптоволоконным модулем преобразования UART/AV в оптический сигнал, кнопками, разъёмами, преобразователем питания;

– бортовую часть (дрон) с ответным оптоволоконным модулем (оптика → UART+AV), подключением UART к полётному контроллеру (BetaFlight, протокол CRSF/SBUS), подключением AV к видеопередатчику или камере и оптоволоконной катушкой;

– варианты подключения оператора к НСУ – проводной (кабель, минимальная задержка, без радиоизлучения) и беспроводной (оператор на комфортной дистанции стабильного сигнала, без провода).

Длина волокна прямо пропорциональна его массе. Например, для 10 км волокна суммарная масса катушки с пластиковым корпусом составляет около 2 кг. Увеличение дальности требует более длинного волокна, что ведёт к росту массы и, как следствие, необходимости использования более грузоподъёмного дрона.

Конвертеры UART/AV имеют ограничение по максимальной дальности передачи сигнала (затухание в волокне, чувствительность приёмника, мощность передатчика). В зависимости от модели, предельная дальность может достигать 80 км, но при этом требуется согласование параметров модуля с типом волокна и потерями в соединителях.

Таким образом, максимальная дальность управляемого полёта в предложенной системе определяется как минимум из двух величин: грузоподъёмности дрона (через массу катушки) и технического предела используемых оптоволоконных конвертеров.

Разработанная система позволяет оператору гибко выбирать способ подключения к НСУ (провод или радио) и самостоятельно определять дальность радиоканала исходя из условий. При этом сам дрон управляется по оптоволокну и полностью защищён от РЭБ. Дальность полёта ограничена двумя независимыми факторами: массой катушки (чем больше волокна – тем тяжелее) и максимальной дальностью работы оптоволоконных модулей (до 80 км). Решение базируется на стандартных полётных контроллерах с BetaFlight, промышленных оптоволоконных конвертерах и может быть воспроизведено с минимальной доработкой серийных FPV-дронов.

---

1. Яценков В.С. Электроника. Твой первый квадрокоптер. Теория и практика. – СПб.: БХВ-Петербург, 2016. – 256 с.

УДК 681.5

ЗАВРАЖИНА А.К., КЕЧКИНА Н.И.

ВЫБОР СТРУКТУРЫ АСУТП ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ВЫДЕЛЕНИЯ ЧИСТОГО ТРИЭТАНОЛАМИНА

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Ректификационная колонна К311 работает под вакуумом и служит для получения очищенного триэтаноламина (ТЭА). Готовое вещество востребовано при выпуске тканей, цементных смесей, косметики, а также в органическом синтезе.

Предъявляются высокие требования к соблюдению технологического регламента: температура низа колонны – 202–207 °С; температура верха колонны – 182–187 °С; абсолютное давление – 0,42–0,53 кПа; концентрация основного компонента – не менее 99 %.

Жидкости, участвующие в процессе, горючи и относятся к третьему классу опасности, поэтому система управления должна быть надёжной и включать средства противоаварийной защиты. Задача работы – обновление физически устаревшего оборудования на более точные современные средства автоматизации.

Проектируемая автоматизированная система управления имеет три иерархических уровня. Нижний уровень представлен измерительными приборами: термометры сопротивления для двух точек колонны; измерители абсолютного давления в колонне, давления в линии греющего пара и на выходе насоса; датчик-реле температуры обмотки насоса; радарный датчик уровня в кубе; сигнализатор верхней границы уровня; вихревой расходомер для пара; ротаметр для флегмы, и исполнительными механизмами: два регулирующих пневмоклапана (на пар и на флегму) с позиционерами, запорный клапан аварийного отключения.

Средний уровень представлен контроллером SIMATIC S7-1500 (фирма Siemens). Все сигналы от датчиков приходят в модуль ввода аналоговых/дискретных сигналов. Выработанные контролером управляющие воздействия через модуль вывода аналоговых/дискретных сигналов направляются на исполнительные механизмы клапанов и насосы.

Верхний уровень – SCADA-система на рабочей станции оператора, предназначенная для визуализации технологического процесса и реализации различный функций автоматизации. Между контроллером и SCADA-системой организован двусторонний обмен данными по IndustrialEthernet.

Внедрение современных средств автоматизации повышает надёжность и безопасность производства, минимизирует участие оператора и обеспечивает экономическую эффективность процесса.

УДК 681.5

ЗМЕЕВ А.В., ВАДОВА Л.Ю.

ИССЛЕДОВАНИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СТАДИИ СИНТЕЗА БУТИЛАКРИЛАТА

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Процесс синтеза бутилакрилата относится к периодическим химико-технологическим процессам, в которых качество продукта определяется поддержанием требуемых теплового и материального режимов [1][2]. Объектом исследования является реактор синтеза, в котором под действием нагрева от паровой рубашки из продуктов реакции при постоянном перемешивании получается конечный продукт.

Целью работы является исследование динамических свойств процесса синтеза бутилакрилата и обоснование более эффективного способа стабилизации качества продукта. В каче-

стве основных переменных, характеризующих состояние объекта, рассматриваются температура реактора, pH бутилакрилата. К числу входных воздействий относятся расходы компонентов реакции и температура пара [1][2].

Для анализа объекта использована математическая модель, построенная на основе уравнений материального и теплового баланса при допущениях о постоянстве теплофизических свойств и отсутствии потерь вещества и энергии во внешнюю среду [3][4]. На базе полученной модели выполнено моделирование в среде Simulink, что позволило исследовать влияние основных возмущений на выходные координаты объекта и определить наиболее значимые каналы управления.

Результаты моделирования показали, что для регулирования pHбутилакрилата целесообразно использовать изменение расходов компонентов реакции как основное управляющее воздействие. Для повышения качества регулирования были рассмотрены ПИ-регулятор и ПИД-регулятор с автоматической настройкой параметров. Сравнение переходных процессов показало, что применение ПИД-регулятора позволяет сократить время выравнивания температуры примерно в два раза по сравнению с ПИ-регулированием.

Таким образом, совершенствование контура подачи компонентов реакции является одним из наиболее эффективных направлений повышения качества процесса синтеза бутилакрилата. Использование математической модели и имитационного моделирования позволяет выявлять чувствительные параметры объекта, оценивать влияние возмущений и обосновывать выбор алгоритма регулирования [1][3].

Библиографический список

1. Павлов Ю.Л., Зиятдинов Н.Н., Рыжов Д.А. Системный анализ химико-технологических процессов как объектов управления и методы настройки регуляторов: учебное пособие. Казань: КНИТУ, 2013. 88 с.
2. Лабутин А.Н., Волкова Г.В. Технологические процессы и производства как объекты управления: учебное пособие. Иваново: Иван. гос. хим.-технол. ун-т, 2010. С. 33-35.
3. Кафаров В.В., Глебов М.Б. Математическое моделирование основных химических процессов. М.: Высшая школа, 1991. 400 с.
4. Умергалин Т.Г. Математическое моделирование основных химико-технологических процессов: учеб. пособие. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2001. 61 с.

УДК 004.94

ЗОТОВ С.М., КОЖЕВЯТКИНА М.А., АВДЕЕВА А.А.

ОПТИМИЗАЦИЯ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИХ 3Д-МОДЕЛЕЙ В СРЕДЕ BLENDER ДЛЯ ИНТЕГРАЦИИ В СИСТЕМЫ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им Р.Е. Алексеева

Фотограмметрия позволяет создавать реалистичные 3D-копии объектов по набору фотографий, однако результирующие модели содержат миллионы полигонов и неоптимизированные текстуры, что делает их непригодными для рендеринга в реальном времени. Для решения данной проблемы предложен рабочий процесс постобработки в программном пакете Blender, включающий очистку геометрии, ретопологию и запекание карт нормалей.

На этапе съёмки объект фотографируется с разных ракурсов с перекрытием кадров 50–70%, равномерным освещением и фиксированными параметрами экспозиции. Обработка выполняется в AgisoftMetashape: построение разреженного и плотного облака точек, генерация полигональной сетки, наложение текстур. Полученная модель точно передаёт форму объекта, но требует оптимизации.

В Blender выполняется удаление геометрического шума и посторонних элементов, после чего применяется декасимация сетки – сокращение количества полигонов в 50–100 раз. Для сохранения визуальной детализации используется техника запекания карт нормалей: информация о микрорельефе переносится в текстуру, что позволяет графическому движку имитировать сложную геометрию на упрощённой сетке. Дополнительно оптимизируются текстуры: снижается разрешение, применяется сжатие без видимых потерь качества.

Оптимизированная модель экспортируется в игровой движок Unity для интеграции в интерактивное приложение. Тестирование на системе среднего уровня показало рост производительности с 20 до 90 кадров в секунду, что соответствует требованиям комфортной работы в VR. Изображение стало плавным, исчезли артефакты рендеринга и задержки ввода.

Практический опыт подтверждает, что сочетание фотограмметрии и профессиональной оптимизации в Blender позволяет создавать высококачественный контент для виртуальных экскурсий, образовательных приложений и цифровых музеев. Ключевым условием успеха является строгое соблюдение методики съёмки и обязательная постобработка моделей перед интеграцией в реальное время.

Разработанный подход уже применён в проекте инклюзивной виртуальной платформы, где оптимизированные экспонаты обеспечивают стабильную работу на разнородном оборудовании: ПК, мобильных устройствах и автономных VR-шлемах. Методика может быть масштабирована для оцифровки музейных коллекций, архитектурных памятников и образовательных материалов.

Библиографический список

1. Соколов А.В., Петров И.С. Фотограмметрия: учебное пособие для вузов. – Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021. – 384 с.
2. Академия цифровых технологий. Оптимизация 3D-моделей для реального времени: учебный курс. [Интернет источник]: https://adt.edu.ru/courses/3d-optimization

УДК 621.565

ЗУБКОВ Н.В.,[1] АВДЕЕВА А.А.[2]

РАСЧЁТ ПОТЕРЬ ДАВЛЕНИЯ В КАНАЛАХ ПЛАСТИНЧАТОГО РЕКУПЕРАТОРА

[1]Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева
[2]Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

В работе рассматриваются особенности определения потерь давления в каналах пластинчатого рекуператора, применяемого в локальных системах вентиляции мастерских и малых производственных помещений. Аэродинамическое сопротивление теплообменника является важным параметром, так как напрямую влияет на выбор вентиляторов и энергопотребление всей вентиляционной системы.

Пластинчатый рекуператор представляет собой пакет параллельных каналов, образованных тонкими пластинами. По этим каналам раздельно движутся потоки приточного и вытяжного воздуха. При прохождении воздуха через теплообменник возникает сопротивление, обусловленное трением потока о стенки каналов и локальными потерями, связанными с изменением направления движения и распределением потока.

Потери давления в рекуператоре складываются из двух основных составляющих: линейных потерь, возникающих при движении воздуха вдоль каналов, и местных потерь, связанных с входом и выходом воздуха, а также возможными неравномерностями потока. Линейные потери определяются длиной канала, его геометрическими параметрами и режимом

течения воздуха. Чем длиннее канал и меньше его сечение, тем выше сопротивление движению потока.

Существенное влияние на величину потерь давления оказывает скорость движения воздуха. При увеличении скорости резко возрастает сопротивление, поскольку потери давления зависят от скорости нелинейно. Это означает, что даже небольшое увеличение расхода воздуха может привести к значительному росту энергозатрат на его перемещение.

Важным параметром является гидравлический диаметр канала, который определяется его формой и размерами. В пластинчатых рекуператорах каналы обычно имеют прямоугольное сечение с малым расстоянием между пластинами. Уменьшение этого расстояния увеличивает площадь теплообмена, но одновременно снижает гидравлический диаметр, что приводит к росту потерь давления.

Режим движения воздуха также оказывает влияние на величину аэродинамических потерь. При ламинарном течении сопротивление возрастает относительно плавно, тогда как при переходе к турбулентному режиму происходит значительное увеличение потерь давления. В реальных условиях работы локальных вентиляционных систем чаще всего наблюдается переходный или турбулентный режим, что необходимо учитывать при расчётах.

Дополнительное влияние на аэродинамическое сопротивление оказывает состояние поверхности каналов. Шероховатость стенок увеличивает трение и, соответственно, потери давления. Загрязнение каналов в процессе эксплуатации также приводит к увеличению сопротивления, что может снижать эффективность работы системы и требует регулярного обслуживания.

При инженерном расчёте потерь давления учитываются как геометрические параметры теплообменника, так и эксплуатационные условия его работы. На практике используются эмпирические зависимости и справочные коэффициенты, позволяющие оценить сопротивление каналов без проведения сложных численных расчётов. Для компактных пластинчатых рекуператоров локальных систем вентиляции характерны потери давления в диапазоне от нескольких десятков до 150–200 Па, в зависимости от конструкции и режима работы.

Особое значение имеет согласование аэродинамического сопротивления рекуператора с характеристиками вентиляционного оборудования. Чрезмерные потери давления требуют применения более мощных вентиляторов, что увеличивает энергопотребление и снижает экономическую эффективность системы рекуперации.

Таким образом, расчёт потерь давления является неотъемлемой частью проектирования пластинчатого рекуператора. Он позволяет обеспечить рациональный выбор геометрических параметров каналов и режимов работы, а также достичь оптимального баланса между эффективностью теплообмена и энергозатратами на перемещение воздуха.

УДК 681.518

ЗУБКОВ Н.В.[1], АВДЕЕВА А.А.[2]

СИСТЕМНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕМПФИРУЮЩИХ ОПОР ГТД

[1] Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева
[2] Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

Современные газотурбинные двигатели (ГТД) характеризуются неуклонным ростом эксплуатационных требований со стороны авиационной, газоэнергетической и промышленной отраслей.

Увеличение удельных мощностей, переход к более высоким частотам вращения и рабочим температурам, а также ужесточение нормативов по надежности и ресурсу напрямую предъявляют новые вызовы к методам исследования, моделирования и анализа лопаточных агрегатов, в том числе – опорных узлов роторов [1].

В настоящей работе предлагается системный подход к исследованиям демпфирующих опор ГТД, основанный на интеграции библиотек **Simscape** и **Multibody** среды **MATLAB Simulink.** Основной задачей разработки информационно-измерительного комплекса является формирование физически обоснованной расчетной модели опорного узла, в которой поведение тел качения, сепаратора, колец и демпфирующего пакета описывается с учётом их упругих и диссипативных свойств, что в конечном итоге позволит проводить комплексный анализ его динамического поведения с высокой степенью достоверности.

Реализуемый на базе многофизической модели подшипникового узла виртуальный испытательный комплекс в Simulink (рис. 1) ориентирован на выполнение расчетных исследований в режиме real-time, что обеспечивает возможность интерактивного изменения параметров в ходе эксперимента и анализа переходных процессов. Модель обеспечивает возможность быстрого получения количественных оценок динамических характеристик при изменении конструктивных параметров

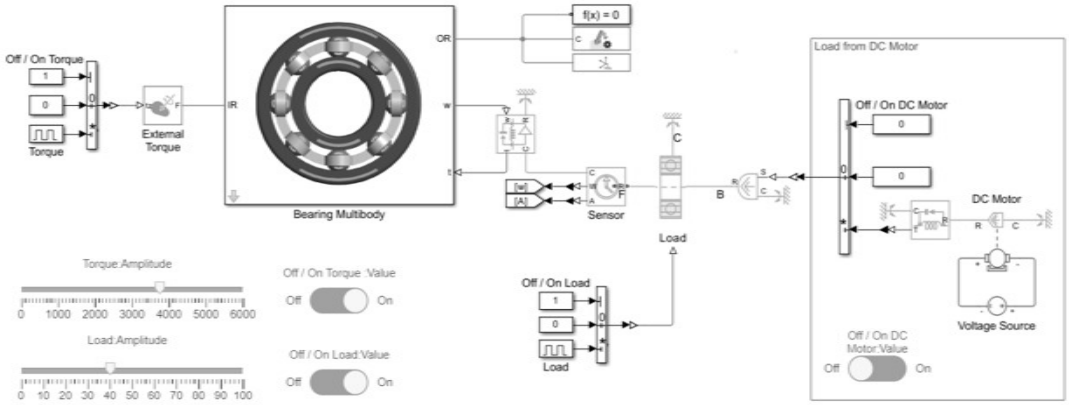


Рис.1. Модель виртуального испытательного комплекса в Simulink

В работе представлены результаты расчётно-экспериментального моделирования подшипникового узла опоры газотурбинного двигателя, выполненного на основе разработанной системной модели. Исследовано влияние геометрических параметров демпфирующего пакета на динамические характеристики опоры.

---

1. Губанов, В.П. Диагностика технического состояния газотурбинных двигателей [Текст]/ В.П. Губанов. – М.: Машиностроение, 2018 – 320 с.

УДК 681.5

ИШЕКОВ Н.А., КЕЧКИНА Н.И.

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВЫДЕЛЕНИЯ 3,4-ДИХЛОРБУТЕНА-1 КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

В качестве технологического процесса как объекта управления рассматривается процесс выделения 3,4-дихлорбутена-1. Процесс является периодическим, а также взрывоопасным и пожароопасным. Центральным аппаратом в рассматриваемом технологическом процессе является колонна ректификационная насадочная поз. К-201 анализ, которого как объектов регулирования, позволит выявить характеристики каналов возмущения и регулирования.

Информационная схема рассматриваемого технологического объекта управления, отражающая взаимосвязи регулируемых параметров, возмущающих и управляющих воздействий, представлена на рис. 1.

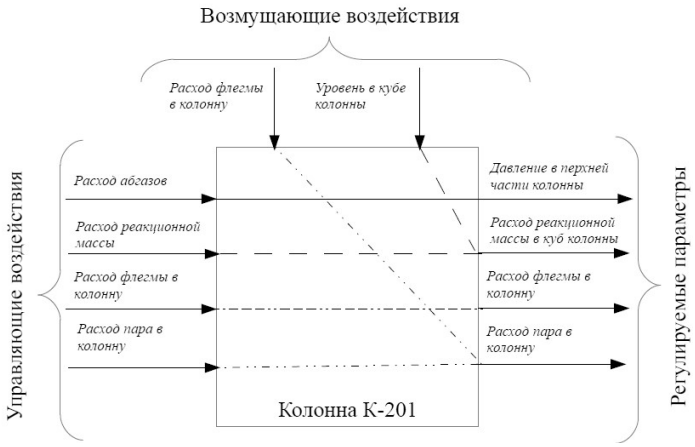


Рис. 1 Структурная схема объекта управления

Для компенсации возмущающих воздействий предложено реализовать каскадную систему управления. Каскадные схемы регулирования являются схемами, включающими два и более последовательно соединенных регулятора так, чтобы первый в каскаде регулятор воздействовал на регулирующий клапан, а последующие регуляторы изменяли задание предыдущему регулятору. У последнего регулятора каскада задание остается неизменным, поэтому именно он является главным регулятором каскада.

Первый регулятор в контуре регулирования расхода пара – регулятор расхода пара в подогреватель куба колонны поз. К-201. Второй регулятор – регулятор расхода флегмы в колонну поз. К-201 является внешним регулятором и вырабатывает управляющее воздействие изменяющее задание первому регулятору.

В контуре регулирования расхода реакционной массы в куб колонны первым регулятором выступает регулятор расхода поступающего сырья; вторым регулятором – регулятор уровня реакционной массы в кубе, который является внешним и вырабатывает управляющее воздействие, корректирующий задание первому регулятору.

Регулирование расхода флегмы, поступающей в ректификационную колонну, осуществляется за счет изменения расхода флегмы. Управляющим воздействием для поддержания давления в колонне является расход абгазов за счет изменения степени открытия регулирующего клапана, установленного на линии сброса абгазов.

УДК 621.565

КОЖЕВЯТКИНА М.А.,[1] АВДЕЕВА А.А.[2]

КОМПРОМИСС МЕЖДУ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕЙ И АЭРОДИНАМИЧЕСКИМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ В ПЛАСТИНЧАТОМ РЕКУПЕРАТОРЕ

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева
[2]Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

В работе рассматривается одна из ключевых инженерных задач при проектировании пластинчатых рекуператоров - обеспечение оптимального соотношения между эффективностью теплопередачи и аэродинамическим сопротивлением устройства. Данный вопрос осо-

бенно актуален для локальных систем вентиляции мастерских и малых производственных помещений, где предъявляются повышенные требования к энергоэффективности и компактности оборудования.

Повышение эффективности теплопередачи в рекуператоре достигается за счёт увеличения площади теплообмена и интенсификации теплоотдачи. Для этого в конструкции уменьшают расстояние между пластинами, увеличивают длину каналов или повышают скорость движения воздуха. Все эти меры способствуют улучшению контакта воздушного потока с поверхностью теплообменника и, как следствие, увеличению количества передаваемой тепловой энергии.

Однако перечисленные способы имеют и обратную сторону. Уменьшение расстояния между пластинами приводит к сужению каналов и увеличению сопротивления движению воздуха. Увеличение длины каналов повышает путь прохождения потока, что также увеличивает потери давления. Рост скорости воздуха усиливает турбулентность, но одновременно вызывает резкое увеличение аэродинамических потерь. В результате возрастает требуемая мощность вентиляторов и увеличиваются эксплуатационные энергозатраты.

Таким образом, между тепловой эффективностью и аэродинамическим сопротивлением существует прямая взаимосвязь: мероприятия, направленные на улучшение теплообмена, как правило, сопровождаются ростом потерь давления. Это делает невозможным одновременное достижение максимальных значений обоих параметров.

Для локальных вентиляционных систем данное противоречие особенно значимо. В отличие от крупных промышленных установок, здесь используются маломощные вентиляторы, а энергопотребление играет важную роль в общей эффективности системы. Поэтому чрезмерное увеличение аэродинамического сопротивления может привести к снижению общей энергетической эффективности, даже при высоких показателях рекуперации тепла.

Рациональное проектирование пластинчатого рекуператора предполагает поиск оптимального баланса между этими параметрами. На практике это достигается выбором умеренного расстояния между пластинами, ограничением длины каналов и подбором оптимальной скорости движения воздуха. Также учитывается материал пластин, так как высокая теплопроводность позволяет снизить требования к геометрическим параметрам и частично компенсировать снижение интенсивности теплообмена.

Дополнительным инструментом оптимизации является увеличение площади теплообмена за счёт компоновочных решений, не приводящих к значительному росту сопротивления, например, за счёт увеличения числа каналов при сохранении их рациональной геометрии. Важную роль играет и обеспечение равномерного распределения потоков воздуха по каналам, что позволяет избежать локальных зон с повышенными потерями и неэффективным теплообменом.

В результате можно выделить характерную область рациональных параметров, при которой достигается приемлемый уровень тепловой эффективности при допустимых аэродинамических потерях. Для компактных пластинчатых рекуператоров локальных систем вентиляции это соответствует умеренным скоростям воздуха и сбалансированным геометрическим характеристикам каналов.

Таким образом, компромисс между теплопередачей и аэродинамическим сопротивлением является определяющим фактором при проектировании пластинчатых рекуператоров. Учёт данного соотношения позволяет создавать энергоэффективные и технически обоснованные конструкции, адаптированные к условиям эксплуатации в малых производственных и учебных помещениях.

УДК 681.5

КУЗНЕЦОВ Д.А., КЕЧКИНА Н.И.

АНАЛИЗ ИСПАРИТЕЛЯ АММИАЧНОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Объектом автоматизации является аммиачная холодильная установка, предназначенная для получения хладоносителя (рассола хлористого кальция) с температурой минус 15 °С.

Математическая модель аммиачной холодильной установки построена на основе уравнений материального и теплового балансов, с учетом принятых упрощающих допущений.

$$\begin{cases} q_{\text{рассол_вх}} - q_{\text{ст}} - q_{\text{рассол_вых}} = M_{\text{рассол}} \cdot \text{c}_{\text{рассол}} \dfrac{dT^{\text{к}}_{\text{рассол}}}{d\tau}, \\ q_{\text{аммиак_вх}} - q^{\text{испар}}_{\text{аммиак_вх}} + q_{\text{ст}} - q_{\text{аммиак_вых}} = M_{\text{ст}} \cdot \text{c}_{\text{ст}} \dfrac{dT_{\text{ст}}}{d\tau}, \\ G^{\text{вх}}_{\text{аммиак}} - \dfrac{q^{\text{испар}}_{\text{аммиак_вх}}}{r \cdot \rho_{\text{аммиак}}} = S \cdot \rho_{\text{аммиак}} \dfrac{dh_{\text{аммиак}}}{d\tau}, \\ T_{\text{ст}}|_{\tau=0} = T^{\text{нач}}_{\text{ст}}, \quad T^{\text{к}}_{\text{рассол}}\big|_{\tau=0} = T^{\text{к}_{\text{задан}}}_{\text{рассол}}, \qquad h_{\text{аммиак}}|_{\tau=0} = h^{\text{задан}}_{\text{аммиака}} \end{cases}$$

На основе уравнений из представленной математической модели можно сделать вывод о взаимосвязях переменных:

$T^{\text{к}}_{\text{рассол}} = f(G^{\text{вх}}_{\text{аммиак}}, G^{\text{вых}}_{\text{аммиак}}, G^{\text{вх}}_{\text{рассол}}, G^{\text{вых}}_{\text{рассол}})$,

$h_{\text{аммиак}} = f(G^{\text{вх}}_{\text{аммиак}}, G^{\text{вых}}_{\text{аммиак}})$.

На рис.1 представлена информационная схема технологического объекта управления.

Рис.1 Информационная схема одномерного объекта управления

Таким образом, регулируемыми параметрами для рассматриваемого объекта являются температура рассола на выходе из аппарата и уровень в нем.

Возможным управляющим воздействием для поддержания заданного значения температуры рассола на выходе из испарителя является расход жидкого аммиака на входе в аппарат.

Возможными контролируемыми возмущениями являются массовые расходы, температуры рассола и жидкого аммиака на входе в теплообменник. Возможными неконтролируемыми возмущениями являются удельные теплоемкости веществ, удельная теплота парообразования аммиака, а также его плотность.

Наиболее эффективным каналом управления для поддержания заданного значения температуры рассола является $G^{\text{вх}}_{\text{аммиак}} - T^{\text{к}}_{\text{рассол}}$. Управляющее воздействие – изменение расхода жидкого аммиака.

УДК 004.45

ЛЕОНОВ Д.Д., ФЕДОРОВ В.М., ЦАРЬКОВ А.С.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОЙ ДИАГНОСТИКИ ОПТИКО-МЕХАНИЧЕСКОГО БЛОКА ПО БИНАРНЫМ ЛОГ-ФАЙЛАМ

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

В статье описывается процесс создания кроссплатформенного приложения для визуализации и диагностики состояния оптико-механического блока на основе анализа предварительно записанных бинарных логов [1]. Целью работы является повышение удобства и доступности постэкспериментальной обработки данных за счет интуитивно понятного графического интерфейса и гибкой системы управления отображением параметров [2]. Разработанное решение позволяет инженеру-исследователю сосредоточиться на анализе физических процессов, происходящих в устройстве, а не на технических сложностях ручного декодирования двоичных потоков.

Программная реализация выполнена на языке C++ с использованием фреймворка Qt [3]. Графический интерфейс пользователя реализован на языке QML, что позволило создать адаптивную панель управления с выдвижным меню. Структура интерфейса включает разделы для раздельного просмотра данных от интерфейсов CAN и UART, а также инструменты персонализации (выбор цветовой темы, настройка цветов отдельных кривых). Для визуализации массивов числовых данных, извлеченных из сообщений, использована библиотека qtPlot, обеспечивающая высокую производительность при отображении тысяч точек. Предусмотрена возможность экспорта полученных графиков в растровые форматы для встраивания в технические отчеты.

Ключевой особенностью архитектуры является модульность: алгоритмы парсинга для разных интерфейсов изолированы, а их результаты унифицированы для единой подсистемы визуализации. Такой подход обеспечивает масштабируемость и возможность добавления поддержки новых протоколов без изменения ядра приложения [4]. Разработанное программное обеспечение успешно апробировано на реальных данных стендовых испытаний, подтвердив эффективность для целей удаленной диагностики и анализа работы высокоточного оборудования. В перспективе планируется интеграция в программу модуля автоматического обнаружения аномалий на основе сравнения текущего графика с эталонной «здоровой» кривой.

Пользовательский интерфейс приложения организован с учетом специфики работы с двумя независимыми протоколами передачи данных. В левой выдвижной панели, разделенной на блоки CAN и UART, пользователь может индивидуально настраивать цвет линий и включать или отключать видимость каждого диагностического параметра. В нижней части окна предусмотрен переключатель режимов просмотра, позволяющий оперативно переключаться между графиками CAN и UART-данных без загромождения рабочей области. После загрузки файла программа автоматически создает набор кривых, при этом по умолчанию все графики скрыты, что дает пользователю возможность последовательно добавлять интересующие параметры по мере анализа.

Библиографический список

1. Мейерс, Скотт. Эффективный и современный C++: 42 рекомендации по использованию C++ 11 и C++14 / Пер. с англ. – М.: ООО "ИЛ. Вильямс", 2016. – 304 с.
2. Шлее, М. Qt 5.3. Профессиональное программирование на C++ / М. Шлее – СПб.: БХВ-Петербург, 2015. – 928 с.
3. Стенли Б. Липпман. Язык программирования C++. Базовый курс, 5-е изд. / Пер. с англ. – М.: ООО "ИЛ. Вильямс", 2014. – 1120 с.

4. Бланшетт, Ж. Программирование на C++ в QtCreator / Ж. Бланшетт, М. Саммерфилд. – М.: ДМК Пресс, 2019. – 512 с.

УДК 004.942

СИВОГРИВОВ Д.Е.

ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКА РАБОТЫ МОДУЛЯ РУЛЕВЫХ ПРИВОДОВ

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Рассмотрим программно-алгоритмическое обеспечение автоматизированной системы контроля для экспресс-оценки технического состояния модуля рулевых приводов. Актуальность задачи обусловлена необходимостью сокращения времени испытаний при сохранении высокой достоверности определения частотных свойств изделия на этапах входного контроля и периодических испытаний. Программный комплекс, реализованный в среде C++ Builder, обеспечивает управление режимами работы модуля, сбор телеметрической информации в реальном времени и автоматическое формирование протоколов.

В ходе работы была реализована обработка данных, полученных с потенциометрических датчиков обратной связи. Экспериментальные исследования проводились на специально разработанном стенде, имитирующем управляющие воздействия. В результате обработки массивов угловых данных, накопленных в процессе прогона на частотах от 1 до 20 Гц, формируются сводные таблицы фазовых сдвигов для амплитуд сигнала 1° и 2°. Анализ полученных данных показывает, что реализованный алгоритм позволяет с достаточной для экспресс-оценки точностью выявить граничные частоты, на которых фазовое запаздывание достигает критических значений, соответствующих техническим условиям. Программный модуль автоматически формирует итоговое заключение в текстовом файле, что исключает субъективность ручной обработки результатов.

Разработанное программное обеспечение обеспечивает проведение цикла измерений в автоматическом режиме при различных заданных уровнях и частотах гармонического воздействия. Применение реализованного метода аппроксимации позволяет получить точную оценку динамических параметров модуля рулевых приводов, минуя длительные процедуры полного спектрального анализа. Программный модуль интегрирован в единую автоматизированную систему контроля и обеспечивает экспресс-заключение о соответствии изделия техническим условиям по критериям фазового сдвига и полосе пропускания.

Фазовое запаздывание на частотах 1..20 Гц с аплитудой A=1° и A=2°

частота Гц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
PM1 A=1	5°	7°	11°	12°	15°	21°	22°	22°	30°	27°	36°	35°	40°	45°	46°	48°	46°	59°	58°	53°
A=2	4°	6°	9°	11°	13°	19°	21°	21°	30°	26°	37°	36°	42°	47°	51°	55°	59°	79°	82°	89°
PM2 A=1	5°	8°	11°	13°	15°	20°	22°	22°	30°	27°	37°	35°	40°	45°	47°	48°	46°	59°	56°	52°
A=2	4°	6°	9°	11°	13°	19°	21°	21°	30°	26°	36°	35°	41°	47°	51°	55°	59°	78°	82°	86°
PM3 A=1	5°	7°	11°	12°	14°	19°	21°	20°	28°	25°	34°	32°	38°	42°	44°	45°	42°	56°	53°	47°
A=2	4°	6°	9°	10°	12°	18°	19°	19°	27°	23°	34°	33°	39°	44°	47°	51°	53°	73°	76°	81°
PM4 A=1	5°	7°	10°	11°	13°	19°	21°	20°	28°	25°	34°	32°	38°	43°	45°	45°	43°	56°	53°	50°
A=2	4°	6°	9°	11°	13°	19°	20°	20°	29°	25°	36°	35°	41°	46°	50°	53°	56°	76°	80°	85°

A=1°	45°	60°	90°
A=2°	45°	90°	150°

Амплитудное искажение на частотах 1..20 Гц с аплитудой A=1° и A=2°

PM1 A=1	-0,40	-0,40	-0,40	-0,35	-0,37	-0,38	-0,37	-0,37	-0,34	-0,60	-0,79	-0,73	-0,40	-0,54	-0,11	-0,01	0,18	0,04	0,52	0,53
A=2	-0,07	-0,07	-0,15	-0,17	-0,10	-0,18	-0,32	-0,18	-0,12	-0,44	-0,45	-0,36	-0,29	-0,18	-0,02	-0,06	-0,32	0,00	-0,88	-2,53
PM2 A=1	-0,36	-0,36	-0,26	-0,37	-0,66	-0,67	-0,34	-0,34	-0,30	-0,37	-0,61	-0,88	-0,62	-0,57	-0,31	0,00	-0,03	0,21	0,61	0,41
A=2	-0,14	-0,14	-0,15	-0,12	-0,14	-0,15	-0,24	-0,14	-0,24	-0,38	-0,38	-0,30	-0,19	0,00	-0,02	-0,09	-0,22	0,11	-0,91	-2,33
PM3 A=1	-0,46	-0,47	-0,33	-0,59	-0,33	-0,32	-0,30	-0,30	-0,27	-0,47	-0,38	-0,53	-0,48	-0,23	-0,11	0,29	0,13	0,40	0,64	0,49
A=2	-0,18	-0,18	-0,18	-0,17	-0,20	-0,19	-0,27	-0,16	-0,15	-0,34	-0,35	-0,25	-0,25	-0,12	-0,06	-0,15	-0,10	-0,06	-0,76	-2,03
PM4 A=1	-0,41	-0,41	-0,41	-0,40	-0,41	-0,41	-0,23	-0,21	-0,08	-0,46	-0,33	-0,33	-0,24	-0,07	-0,05	0,12	0,06	0,33	0,55	0,35
A=2	-0,04	-0,05	-0,04	-0,03	-0,11	-0,22	-0,18	-0,19	-0,15	-0,39	-0,40	-0,26	-0,27	-0,09	-0,10	-0,17	-0,06	0,05	-0,83	-2,05

Рис. 1. Результаты экспериментального определения частотных характеристик модуля рулевых приводов

УДК 681.5

СИНИЦЫНА М.А., КЕЧКИНА Н.И.

МОДЕРНИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ГЛУБОКОГО ОБЕССОЛИВАНИЯ

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

При смешении в эжекторах концентрированных реагентов с химически обессоленной водой образуются регенерационные растворы соляной кислоты и едкого натра, используемые для регенерации ионообменных фильтров установки глубокого обессоливания воды. Процесс приготовления и дозирования водных растворов соляной кислоты и гидроксида натрия относится к негорючим и невзрывоопасным средам. Для рассматриваемого технологического процесса принято решение разработать автоматизированную систему управления технологическим процессом (АСУТП), предназначенную для обеспечения автоматизированного контроля, управления технологическим процессом и реализации противоаварийной защиты. Разрабатываемая система АСУТП должна включать в себя следующие уровни:

– нижний (полевой) уровень: датчики, анализаторы и исполнительные механизмы, установленные как непосредственно на технологическом оборудовании, так и в специальных помещениях, и подключенные к среднему уровню. В рассматриваемом технологическом процессе выполнен обоснованный выбор расходомеров, давления, уровня, pH-электрода. Выбранные приборы имеют стандартные унифицированные выходные сигналы (4–20 мА/HART) или цифровые промышленные протоколы (Modbus, Profibus), что гарантирует их бесконфликтное подключение и обмен данными в реальном времени;

– средний уровень (программируемые логические контроллеры (ПЛК), базирующиеся на специализированной микропроцессорной технике, обеспечивающей автоматический сбор, обработку технологической информации, реализацию алгоритмов автоматического управления и защиты, выдачу управляющих воздействий на исполнительные механизмы полевого уровня и передачу технологической информации на верхний уровень. В качестве контроллера принято использовать ОВЕН ПЛК210-PL-BASE с необходимым количеством модулей ввода/вывода аналоговых/дискретных сигналов. Информационный обмен между микропроцессорным контроллером и станцией оператора осуществляется по сети Ethernet (протокол Modbus TCP);

– верхний уровень, реализованный в виде автоматизированного рабочих мест (АРМ) оператора на базе компьютеров офисного исполнения и предназначенных для централизованного мониторинга и управления технологическим оборудованием.

УДК 621.3

СМИРНОВ А. О., ПЛЕХОВ А. С.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕМ ЗЕРНОВОГО ЭЛЕВАТОРА

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева.

Зерновые элеваторы являются ключевыми производственными единицами в обеспечении продовольственной безопасности нашей страны [1]. Производственное оборудование элеваторов (нории – подъёмники сыпучих грузов, конвейеры, сушилки, вентиляционные установки) очень разнотипны, требуют надёжного электроснабжения и комплексной автомати-

зации в целях кардинального повышения производительности и качества обработки зерна. Особенностью таких систем является наличие как непрерывных (транспортировка, сушка), так и циклических (взвешивание, отбор проб) режимов работы, что усложняет построение единой системы управления.

В докладе приведены сведения об основных электроприемниках типового элеватора суммарной мощностью до 4 МВА. Выявлено, что доля асинхронных электродвигателей с прямым пуском составляет более 85%, что приводит к высоким пусковым токам (до **7***Iн) и значительным потерям электроэнергии. Согласно [2], внедрение частотно-регулируемого привода на нориях и вентиляторах позволяет снизить энергопотребление на 20 – 30 % и уменьшить механический износ оборудования.

Концепция модернизированной системы электропитания и управления электрифицированными агрегатами элеватора разработана автором и апробирована методами имитационного моделирования в среде MATLAB/Simulink.

Результаты моделирования показали, что применение плавного пуска и регулирования скорости нории в зависимости от заполнения ковшей снижает пиковую нагрузку на трансформаторную подстанцию с 520 кВт до 380 кВт.

Предложена структура распределённой системы управления на основе программируемых логических контроллеров.

Разработанные алгоритмы для цифровых средств управления электрооборудованием рекомендуются к использованию в организациях, проектирующих установки для сушки и хранения как продуктового, так и семенного зерна.

В результате внедрения предлагаемой системы управления потребитель получает возможность автоматического поддержания уровня влажности зерна в бункерах и снижения энергопотребления в процессах сушки и хранения.

Библиографический список

1. Сыроватский, В. И. Электроснабжение зерноперерабатывающих предприятий / В. И. Сыроватский, Н. В. Грищенко. – М.: Агропромиздат, 2018. – 312 с. – Текст : непосредственный.
2. Морозов, А. Г. Энергоэффективность частотно-регулируемого привода в системах транспортировки сыпучих материалов / А. Г. Морозов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2021. – № 3. – С. 45–49. – Текст : непосредственный.
3. https://rosstandart.gov.ru/energy_efficiency/elevators – Методика расчёта энергопотребления элеваторного оборудования. – Текст : электронный (дата обращения: 13.04.2026).

УДК 681.5

СМИРНОВА А.С., КЕЧКИНА Н.И.

АНАЛИЗ СТРИППЕРА В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА КАРБАМИДА

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Стриппер представляет собой вертикальный кожухотрубчатый теплообменный аппарат пленочного типа. В верхней части стриппера имеется распределительное устройство, обеспечивающее пленочный характер движения жидкости по трубкам. Стриппер работает по принципу противотока: раствор карбамида тонкой пленкой стекает по трубкам вниз, а газовая фаза по трубкам поднимается снизу-вверх. Используется принцип стриппингования. В нижней камере стриппера предусмотрено устройство для ввода и равномерного распределения

стриппинг-агента (CO_2). Диоксид углерода подается в нижнюю часть стриппера и поднимается вверх навстречу стекающей пленке плава из реактора синтеза, способствуя понижению температуры раствора на выходе из аппарата.

При стекании плава по трубкам за счет массообмена с восходящими газами и тепла конденсации насыщенного пара с давлением (1,9…2,1) МПа, подаваемого в межтрубное пространство, при температуре (185…200) ºС происходит разложение карбамата аммония в токе свежей двуокиси углерода на аммиак и диоксид углерода.

Рассматриваемый технологический процесс является непрерывным. Стриппер, как объект управления, является многомерным.

Для исследования стриппера как объекта управления выполнена разработка математического описания. Для описания гидродинамики выбрана двухпараметрическая диффузионная модель, так как в аппарате перемешивание потока идет как в продольном, так и в радиальном направлении.

Математическая модель рассматриваемого объекта имеет вид

$$\begin{cases} \dfrac{\partial C_L}{\partial t} + \omega_L \dfrac{\partial C_L}{\partial z} = D_L \dfrac{\partial^2 C_L}{\partial z^2} + D_{rL} \dfrac{\partial^2 C_L}{\partial^2 r^2} - k_r C_L, \\ \dfrac{\partial C_G}{\partial t} + \omega_G \dfrac{\partial C_G}{\partial z} = D_G \dfrac{\partial^2 C_G}{\partial z^2} + D_{rG} \dfrac{\partial^2 C_G}{\partial^2 r^2} + N, \\ p_L c_{pL} \left(\dfrac{\partial T_L}{\partial t} + \omega_L \dfrac{\partial T_L}{\partial z} \right) = \lambda_L \dfrac{\partial^2 T_L}{\partial z^2} + \alpha (T_G - T_L) + (-\Delta H) k_r C_L, \\ p_G c_{pG} \left(\dfrac{\partial T_G}{\partial t} + \omega_G \dfrac{\partial T_G}{\partial z} \right) = \lambda_G \dfrac{\partial^2 T_G}{\partial z^2} - \alpha (T_G - T_L), \\ \left. \dfrac{\partial C_L}{\partial z} \right|_{z=H} = C_L^{\text{зад}}, \left. \dfrac{\partial T_L}{\partial z} \right|_{z=H} = T_L^{\text{зад}}, \left. \dfrac{\partial C_G}{\partial z} \right|_{z=0} = C_G^{\text{зад}}, \left. \dfrac{\partial T_G}{\partial z} \right|_{z=0} = T_G^{\text{зад}}, \end{cases} \quad (1)$$

где C_L, C_G – концентрации карбамата аммония в жидкой фазе и аммиака в газовой фазе, кг/м^3; t – время, с; ω_L – скорость жидкой фазы, м/с; z – продольная координата (по высоте аппарата), м; D_L – коэффициент продольной диффузии в жидкости, м^2/с; r – радиальная координата, м; D_{rL} – коэффициент радиальной диффузии в жидкости, м^2/с; k_r – константа скорости реакции разложения карбамата, с$^{-1}$$\omega_G$ – скорость газовой фазы, м/с; D_G – коэффициент продольной диффузии в газе, м^2/с; D_{rG} – коэффициент радиальной диффузии в газе, м^2/с; N – поток массы через границу раздела фаз, кг/(м^2·с); T_L, T_G – температуры жидкой и газовой фаз, К; ρ_L, ρ_G – плотности фаз, кг/м^3; c_{pL}, c_{pG} – теплоёмкости фаз, Дж/(кг·К); λ_L, λ_G – коэффициенты теплопроводности, Вт/(м·К); α – коэффициент теплообмена, Вт/(м^2·К); ΔH – тепловой эффект реакции, Дж/кг.

Разработанная модель, учитывающая перемешивание в продольном и радиальном направлениях, позволяет повысить точность описания процессов перемешивания и последующего анализа наблюдаемых качественных особенностей нестационарных процессов. Это, в свою очередь, позволит выбрать оптимальную систему управления рассматриваемым объектом.

УДК 681.5

СОСНИН А.Ю., КЕЧКИНА Н.И.

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РЕКТИФИКАЦИОННОЙ КОЛОННЫ В ПРОЦЕССЕ ВАКУУМНОЙ ПЕРЕГОНКИ МАЗУТА

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Мазуты применяются в качестве топлива для паровых котлов, котельных установок и промышленных печей, для производства флотского мазута и тяжелого моторного топлива. Подвергая мазут дальнейшей переработке, получают дистилляты, которые выступают сырьем

для получения моторных топлив в процессах каталитического крекинга, гидрокрекинга и дистиллятных смазочных масел.

Качество продукта определяется соответствием температур выкипания получаемых фракций регламентным значениям. На практике качество продукта оценивается косвенно через температуру верха колонны и температуры вывода боковых погонов.

В вакуумной колонне можно выделить 4 блока (зоны): зона выделения дизельного топлива; зона выделения легкого вакуумного газойля (ЛВГ); зона выделения тяжелого вакуумного газойля (ТВГ); зона отпарки и вывода гудрона. Каждый блок описывается: уравнением материального баланса по компонентам (легкие и тяжелые фракции); уравнением теплового баланса; уравнением фазового равновесия; гидродинамическими соотношениями.

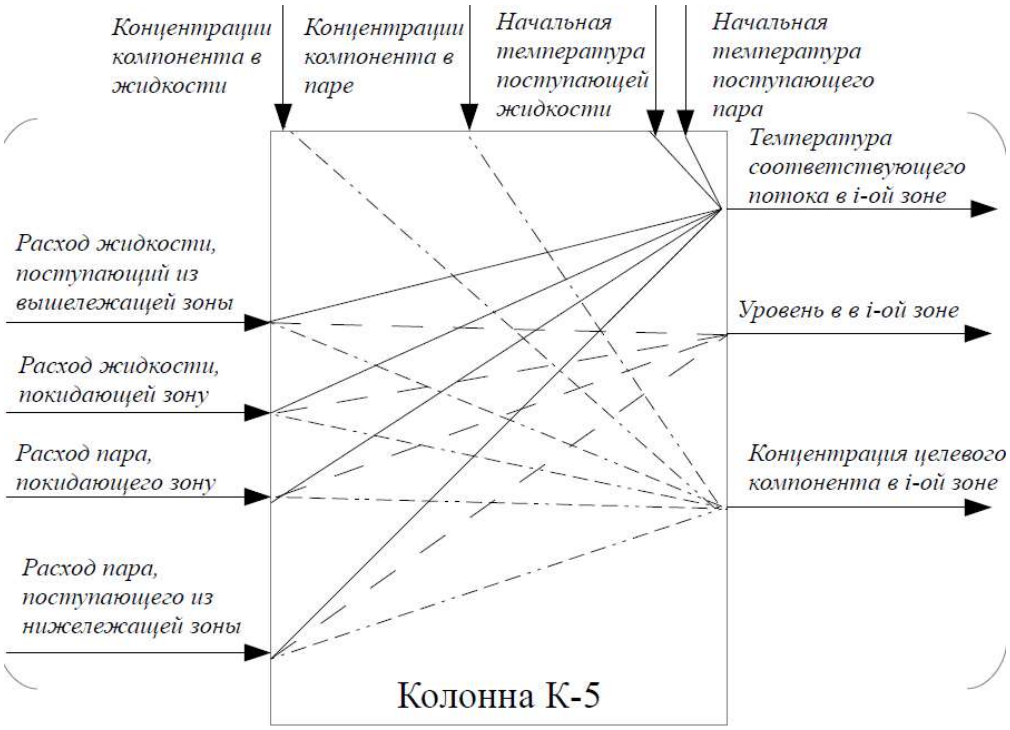


Рис. 1 Информационная схема объекта управления

Математическая модель динамики колонны К-5 будет иметь вид:

$$\begin{cases} L_{i-1} \cdot x_{i-1,j} + G_{i+1} \cdot y_{i+1,j} - L_i \cdot x_{i,j} - G_i \cdot y_{i,j} = \dfrac{d\left(M_i \cdot x_{i,j}\right)}{d\tau}, \\ L_{i-1} + G_{i+1} - L_i - G_i = S_{\text{тарел}} \dfrac{d(h_i)}{d\tau}, \\ L_{i-1} c_p T_{i-1} + G_{i+1} H_{i+1} - L_i c_p T_i - G_i H_i - q_{\text{отв}.i} = M_i c_p \dfrac{dT_i}{d\tau}, \\ y_{i,j} = K_j(T_i, P) \cdot x_{i,j} \end{cases}$$

где L_{i-1} – расход жидкости, поступающий из вышележащей зоны, кг/с; G_{i+1} – расход пара, поступающего из нижележащей зоны, кг/с; x, y – концентрации компонента в жидкости и паре соответственно; $S_{\text{тарел}}$ – площадь поперечного сечения тарелки, м^2; c_p – удельная теплоемкость жидкости, Дж/(кг·К); H_i– энтальпия паровой фазы, Дж/кг; $q_{\text{отв}.i}$ – тепловой поток, отводимый циркуляционным орошением, Дж/кг.

С учетом математической модели была разработана информационная схема объекта управления, представленная на рис. 1.

УДК 621.565

СПИРИН В.С.,[1] АВДЕЕВА А.А.[2]

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА МАТЕРИАЛОВ ТЕПЛООБМЕННЫХ ПЛАСТИН ДЛЯ ПЛАСТИНЧАТЫХ РЕКУПЕРАТОРОВ ЛОКАЛЬНЫХ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ

[1]Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева
[2]Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

В работе рассматривается задача выбора материала теплообменных пластин пластинчатого рекуператора, применяемого в локальных системах вентиляции мастерских и малых производственных помещений. Актуальность исследования связана с необходимостью повышения энергоэффективности вентиляционных установок и снижения тепловых потерь при удалении отработанного воздуха.

Объектом исследования является пластинчатый рекуператор, в котором передача тепловой энергии осуществляется через тонкие перегородки между потоками приточного и вытяжного воздуха. Эффективность такого теплообменника во многом определяется свойствами материала пластин, так как именно он формирует тепловое сопротивление разделяющей стенки.

В работе проанализированы основные требования к материалам теплообменных пластин, включая теплопроводность, коррозионную стойкость, механическую прочность, технологичность обработки и экономическую доступность. Показано, что при малой толщине пластин важную роль играет не только абсолютное значение теплопроводности, но и вклад материала в общее сопротивление теплопередаче.

Проведён сравнительный анализ пяти материалов: меди, алюминия, оцинкованной стали, нержавеющей стали и поликарбоната. Установлено, что медь обладает наибольшей теплопроводностью и обеспечивает минимальное тепловое сопротивление, однако её применение ограничено высокой стоимостью и значительной массой конструкции. Алюминий характеризуется оптимальным сочетанием теплопроводности, низкой плотности и устойчивости к коррозии, что делает его наиболее распространённым материалом для пластинчатых рекуператоров.

Оцинкованная сталь отличается доступностью и высокой прочностью, но уступает алюминию по эффективности теплообмена. Нержавеющая сталь обеспечивает высокую долговечность и устойчивость к агрессивным средам, однако имеет сравнительно низкую теплопроводность и более высокую стоимость.

Отдельное внимание уделено поликарбонату как альтернативному полимерному материалу. Показано, что его низкая теплопроводность приводит к значительному увеличению теплового сопротивления пластины, что может снижать эффективность рекуперации. В то же время малая масса и высокая коррозионная стойкость делают его перспективным для применения в специализированных конструкциях.

На основе сравнительной оценки установлено, что для металлических пластин основное сопротивление теплопередаче формируется пограничными слоями воздуха, тогда как вклад материала остаётся незначительным. В случае полимерных материалов влияние теплопроводности становится определяющим фактором.

Выполнена оценка влияния материала на тепловую мощность рекуператора. Показано, что при одинаковых геометрических параметрах использование поликарбоната может привести к снижению тепловой эффективности на 40–45 % по сравнению с металлическими аналогами.

Сделан вывод о том, что выбор материала теплообменных пластин должен осуществляться с учётом условий эксплуатации и требований к эффективности системы. Наиболее ра-

циональным материалом для локальных вентиляционных установок является алюминий, обеспечивающий оптимальный баланс между теплопередачей, массой, стоимостью и долговечностью.

УДК 621.9

СПИРИН В.С.

РАЗРАБОТКА КОРПУСНОГО СОЕДИНЕНИЯ ДИОДНОГО ЛАЗЕРНОГО СТАНКА

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

В работе рассматривается разработка защитно-вентиляционного корпуса для диодного лазерного станка. Актуальность обусловлена необходимостью обеспечения безопасной эксплуатации лазерного оборудования в лабораторных условиях, поскольку открытое расположение лазерного модуля создаёт риски поражения глаз излучением, а отсутствие организованной вытяжки приводит к накоплению токсичных продуктов резки.

Традиционная компоновка любительских лазеров характеризуется открытым рабочим полем. При таком подходе оператор вынужден работать в защитных очках, удаление дыма обеспечивается лишь внешней вентиляцией, а управление лазером, подсветкой и вытяжкой осуществляется разрозненными устройствами. В условиях длительной работы это снижает производительность и повышает утомляемость.

С разработкой корпусного соединения в виде прямоугольного параллелепипеда 710×690×500 мм происходит переход к интегрированной системе безопасности. Материал каркаса – металлический лист толщиной 0,4 мм, для наблюдения за процессом – светофильтры из оргстекла. Передняя дверца на петлях обеспечивает доступ к рабочему полю.

На передней панели смонтированы: кнопка пуска (замыкает цепь 12 В питания лазера и контроллера); потенциометр (10 кОм) для регулировки скорости вытяжного вентилятора от 0 до 100%; кнопка включения светодиодной подсветки (12 В, 5 Вт). На задней стенке – патрубок для подключения воздуховода к осевому вентилятору. Для предотвращения случайного пуска кнопка имеет двухпозиционную фиксацию с подсветкой.

Все низковольтные цепи заземлены через общую шину. Высоковольтная часть (220 В) вынесена в отдельный бокс с контактором, что соответствует требованиям электробезопасности. Светодиодная лента закреплена по периметру верхней крышки на термоклее.

Однако конструкция имеет ограничения. При длительной работе на максимальной мощности возможно нагревание оргстекла, что требует введения пауз. Эффективность вытяжки ограничена длиной воздуховода: при протяжённости более 2 метров производительность вентилятора снижается.

Проведённый анализ показывает, что при отсутствии корпуса безопасность обеспечивается только средствами индивидуальной защиты. При внедрении разработанного корпусного соединения достигается ослабление лазерного излучения, полное удаление задымления в зоне резки и централизованное управление всеми функциями. Оператор запускает лазер одной кнопкой, регулирует вытяжку без открывания дверцы и при необходимости включает подсветку для контроля детали.

Таким образом, при проектировании защитных корпусов необходимо учитывать компромисс между герметичностью, эффективностью воздухоотвода и удобством доступа. Рациональным решением является комбинированная конструкция из металлического каркаса и светофильтрующих панелей с интегрированной панелью управления.

Полученные решения могут быть использованы при модернизации учебных и лабораторных диодных лазерных станков, а также служить основой для разработки аналогичных систем защиты.

УДК 621.565

ТИХОНОВ Н.А.,[1] АВДЕЕВА А.А.[2]

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУХА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕКУПЕРАЦИИ И АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ ПОТЕРИ В ПЛАСТИНЧАТОМ РЕКУПЕРАТОРЕ

[1]Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева
[2]Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

В работе рассматривается влияние скорости движения воздуха в каналах пластинчатого рекуператора на эффективность теплоутилизации и величину аэродинамических потерь. Для локальных систем вентиляции мастерских и малых производственных помещений данный параметр является одним из ключевых при проектировании, поскольку он одновременно влияет как на интенсивность теплообмена, так и на энергопотребление вентиляционного оборудования.

Пластинчатый рекуператор представляет собой систему параллельных каналов, по которым раздельно движутся потоки приточного и вытяжного воздуха. При изменении скорости воздуха изменяется характер его движения. При малых скоростях поток имеет преимущественно ламинарный характер, что сопровождается слабой интенсивностью теплообмена. В этих условиях тепло передаётся менее эффективно, и коэффициент рекуперации оказывается невысоким.

С увеличением скорости движения воздуха происходит переход к более интенсивному, турбулентному режиму течения. Это приводит к улучшению теплоотдачи от воздуха к поверхности пластин и повышению эффективности теплообмена. В результате увеличивается количество возвращаемой тепловой энергии, а работа рекуператора становится более эффективной.

Однако рост скорости имеет и отрицательные последствия. Прежде всего значительно увеличиваются аэродинамические потери в каналах теплообменника. При этом сопротивление движению воздуха возрастает не линейно, а достаточно резко, что требует увеличения мощности вентиляторов. Это приводит к дополнительным энергозатратам и может снизить общий энергетический эффект от применения рекуперации.

Проведённый анализ показывает, что при низких скоростях воздуха эффективность рекуперации ограничена недостаточной интенсивностью теплообмена. При увеличении скорости до определённого уровня наблюдается рост эффективности за счёт улучшения теплоотдачи. Однако дальнейшее увеличение скорости становится нецелесообразным, поскольку рост аэродинамических потерь начинает превышать выигрыш в теплопередаче.

Таким образом, при проектировании пластинчатых рекуператоров необходимо учитывать компромисс между повышением эффективности теплообмена и ростом энергозатрат на перемещение воздуха. Для локальных вентиляционных систем малых помещений рациональным является умеренный диапазон скоростей, при котором достигается оптимальное сочетание эффективности рекуперации и допустимых потерь давления.

Полученные результаты могут быть использованы при инженерном проектировании компактных пластинчатых рекуператоров, предназначенных для локальных систем вентиляции мастерских, лабораторий и малых производственных помещений.

УДК 631.363

ФРОЛОВ Г.А.,[1] АВДЕЕВА А.А.[2]

АНАЛИЗ РЫНКА СИСТЕМ СЕЗОННОГО ХРАНЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ НА БАЗЕ УСТАНОВКИ «*DRAGON-M*»

[1]Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева
[2]Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

В данной работе рассматривается задача анализа рынка сельскохозяйственного оборудования, предназначенного для сезонного хранения продукции объемом до 1000 тонн. Объектом исследования выступает вентиляционная установка типа «*DRAGON-M*». Основной функционал системы заключается в подготовке воздуха внутри установки и его последующей подаче в хранилище. Данная конструкция получила широкое распространение при контейнерном типе размещения овощей, так как позволяет эффективно управлять микроклиматом в ограниченных пространствах. Особенностью «*DRAGON-M*» является её высокая адаптивность: заказчик может, как приобрести готовые решения, так и самостоятельно изготовить элементы установки с применением металлоконструкций и фанеры.

Для инженера или технически подкованного заказчика данная система открывает широкие возможности для оптимизации затрат. Конструктив устройства позволяет самостоятельно закупать и монтировать основные узлы: вентиляторы, клапана произвольных размеров, датчики контроля температуры, влажности и CO_2. Управление осуществляется через специализированный шкаф (контроллер, роутер, концевые выключатели). Важной технологической особенностью всех трех рассматриваемых производителей - Omnivent, «Агровент» и Aventa - является наличие программного обеспечения для удаленного управления системой с мобильного телефона. Это позволяет автоматизировать процессы так, что для эксплуатации склада площадью более 1700 м² требуется всего один обученный агроном.

Однако этап реализации требует привлечения квалифицированного персонала. Для качественного монтажа электрической части, установки клапанов, настройки редукторов и датчиков необходима слаженная работа бригады как минимум из 3-4 человек. Такой состав позволяет одновременно вести работы по сборке механических узлов и интеграции электроники, что критически важно для соблюдения сроков перед началом сезона хранения.

В рамках исследования был проведен сравнительный анализ производителей. Omnivent (APHGroup), несмотря на статус, сегодня сталкивается с логистическими вызовами: ключевые компоненты (кабели для датчиков, мониторы) поставляются исключительно из страны производителя, что делает невозможным оперативное замещение узлов. Напротив, российские компании «Агровент» и Aventa демонстрируют высокую степень локализации. Их системы не уступают в функциональности и более гибки в вопросах индивидуальных заказов, что идеально подходит для инженерного подхода, когда часть оборудования закупается заказчиком самостоятельно.

Для оснащения картофелехранилища заданных параметров наиболее рациональным является выбор в пользу российских систем управления. Это позволяет снизить капитальные

затраты на 15-25% и минимизировать риски, связанные с импортом. Сочетание заводской автоматики с самостоятельной закупкой вентиляторов и привлечением небольшой монтажной бригады (3-4 человека) обеспечивает максимальную окупаемость проекта и надежное управление микроклиматом силами одного специалиста.

УДК 621.565

ФРОЛОВ Г.А.[1] АВДЕЕВА А.А.[2]

ИНЖЕНЕРНЫЙ ПОДХОД К РАСЧЁТУ КОМПАКТНОГО ПЛАСТИНЧАТОГО РЕКУПЕРАТОРА ДЛЯ ЛОКАЛЬНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

[1]Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева
[2]Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

В условиях повышения требований к энергоэффективности зданий особую актуальность приобретает снижение тепловых потерь через системы вентиляции. Для мастерских и малых производственных помещений характерны сравнительно небольшие объёмы, переменный режим работы и умеренные расходы воздуха, что делает применение стандартных промышленных рекуператоров не всегда рациональным.

В связи с этим возникает необходимость разработки компактных пластинчатых рекуператоров, адаптированных под условия локальной вентиляции. Такие устройства обеспечивают передачу тепла от вытяжного воздуха приточному через систему каналов, образованных пакетом тонких пластин, без смешивания потоков.

В работе рассмотрен инженерный подход к расчёту пластинчатого противоточного рекуператора, ориентированного на применение в мастерских площадью до 100 м². Особое внимание уделено методике определения основных параметров теплообменника с учётом ограниченных габаритов и сравнительно небольших расходов воздуха.

Расчёт начинается с определения требуемого воздухообмена по кратности, что позволяет установить объёмный и массовый расход воздуха. Далее оцениваются теплопотери через вентиляцию, которые могут достигать значительных значений даже для небольших помещений.

На следующем этапе определяется требуемая тепловая мощность рекуператора, исходя из заданной эффективности утилизации тепла. После этого выполняется подбор геометрических параметров теплообменника, включая длину каналов, их ширину и количество.

Показано, что ключевым параметром является площадь теплообмена, от которой напрямую зависит количество возвращаемой тепловой энергии. При этом увеличение площади достигается за счёт роста числа каналов или размеров пластин.

Одновременно с тепловым расчётом необходимо учитывать аэродинамическое сопротивление каналов. Увеличение длины каналов и уменьшение их сечения приводит к росту потерь давления, что требует повышения мощности вентиляторов и может снизить общий энергетический эффект.

Таким образом, при проектировании рекуператора необходимо учитывать компромисс между эффективностью теплообмена и аэродинамическими потерями.

В рамках исследования приведён пример расчёта для мастерской площадью 30 м². Установлено, что при кратности воздухообмена 3 1/ч теплопотери через вентиляцию составляют около 3 кВт. Применение пластинчатого рекуператора с эффективностью порядка 60 % позволяет вернуть до 1,8–1,9 кВт тепловой энергии.

Определено, что для обеспечения такой мощности требуется площадь теплообмена около 2 м², что может быть реализовано в компактной конструкции с ограниченными габаритами и сравнительно небольшим числом каналов.

Полученные результаты подтверждают возможность эффективного применения компактных пластинчатых рекуператоров в локальных системах вентиляции мастерских. Их использование позволяет существенно снизить тепловые потери, уменьшить нагрузку на систему отопления и повысить общую энергоэффективность объекта.

Разработанный подход к расчёту может быть использован при проектировании малогабаритных вентиляционных установок, обеспечивая обоснованный выбор геометрических и теплотехнических параметров рекуператора с учётом реальных условий эксплуатации.

УДК 378.147

ЦАРЬКОВ А.С., ЛЕОНОВ Д.Д., ФЕДОРОВ В.М.

ОРГАНИЗАЦИЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА ПО ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЕБ-РЕСУРСА И ОБОРУДОВАНИЯ QUANSER

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Эффективная подготовка инженеров-автоматизаторов требует сочетания теоретической базы, вычислительных навыков и практической работы с реальными установками. Как отмечают А.С. Копосов и М.И. Коновалова, студенты инженерных специальностей должны понимать концепции, которым их обучают, в контексте реальных систем, чтобы полностью их освоить [2]. Одним из мировых лидеров в производстве робототехники для обучения и инженерных исследований является канадская компания Quanser, оборудование которой (манипулятор RotaryFlexibleLink, платы для NI ELVIS) используется на кафедре «Прикладная математика» АПИ НГТУ и послужило основой для разрабатываемого лабораторного практикума. Мощным инструментом повышения эффективности обучения признано внедрение специализированных электронных образовательных ресурсов (ЭСО), обеспечивающих наглядность, доступность и интерактивность учебных материалов [1, с. 35].

В статье рассматривается подход к организации лабораторного практикума по дисциплине «Теория управления», интегрирующий разработанный веб-ресурс и специализированное оборудование Quanser. Целью работы является создание единой цифровой среды, обеспечивающей методическую поддержку всех этапов лабораторного занятия: от изучения теории до экспериментальной отработки законов управления. Разработанный веб-ресурс включает восемь лабораторных работ, посвященных исследованию частотных характеристик, устойчивости систем, коррекции регуляторов и другим разделам курса. Каждая лабораторная работа структурирована по единому принципу: теоретические сведения с визуализацией формул (с использованием библиотеки MathJax для корректного отображения математических выражений), предварительные расчетные задания, порядок проведения эксперимента на реальном оборудовании Quanser и итоговый тест для самопроверки.

Особое внимание уделяется системе тестирования, которая позволяет студентам самостоятельно оценивать уровень усвоения материала и выявлять темы, требующие дополнительного изучения. Тестовая часть включает несколько типов заданий: выбор правильного ответа, ввод текста, вопросы с изображением схем. После отправки система сразу показывает результат и количество верных ответов [3, с. 53]. Вопросы подобраны так, чтобы охватить ключевые моменты темы, что помогает лучше запомнить материал. Тестовая система устроена так, что результаты видны сразу. Это позволяет студенту самостоятельно оценить, насколько хорошо усвоен материал темы, а преподавателю – понять общую картину по группе.

Для успешной интеграции разработанного ресурса в образовательный цикл был подготовлен регламент 90-минутного занятия с распределением времени по этапам: изучение тео-

ретического материала и предварительных заданий (20-25 минут), выполнение основной части работы (15-20 минут), анализ полученных данных и заполнение таблиц с результатами (15-20 минут), оформление отчета (15-20 минут), прохождение теста для самопроверки (10-15 минут) [4]. Это позволяет преподавателю стандартизировать процесс, а студенту – четко планировать свою работу.

Апробация ресурса в учебном процессе показала сокращение времени на организационные вопросы, повышение самостоятельности студентов при подготовке к эксперименту и улучшение качества отчетов. Студенты быстрее разбираются в материале, меньше времени тратят на поиск нужной информации и формул. Наблюдения за учебным процессом показали, что интерес к лабораторным работам возрос, студенты стали задавать меньше организационных вопросов, отчеты выглядят более структурированными. По сравнению с традиционными методическими средствами, ресурс выигрывает за счет практичности и интерактивности. Разработанное решение может быть использовано в технических вузах при модернизации лабораторных практикумов по управлению и автоматизации. Подготовка инженерных кадров сегодня невозможна без развития робототехники в учебных заведениях. Созданный ресурс помогает решать эту задачу – он обеспечивает методическую основу для работы с современным оборудованием и способствует формированию у студентов навыков, востребованных в реальном производстве.

Библиографический список

1. Миронова, С.В. О проблемах применения Web-технологий в образовании / С.В. Миронова, С.В. Напалков // Современные Web-технологии в цифровом образовании: значение, возможности, реализация: сборник статей. – Арзамас: Арзамасский филиал ННГУ, 2019. – С. 35-49.
2. Копосов, А.С. Применение робототехники в промышленности и образовании / А.С. Копосов, М.И. Коновалова // Социально-экономические и технические проблемы оборонно-промышленного комплекса: история, реальность, инновации: Межвузовский сборник статей по материалам V Всероссийской научно-практической конференции. – Арзамас: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2018. – С. 172-176.
3. Пакшина, Н.А. Исследование целесообразности применения игровых технологий обучения в высшем образовании / Н.А. Пакшина, Ю.П. Емельянова // Информатика и образование. – 2016. – № 2. – С. 53-55.
4. Пакшина, Н.А. Опыт проведения аудиторных занятий с использованием геймификации / Н.А. Пакшина, Ю.П. Емельянова, Ю.Ю. Веренкова // Современные Web-технологии в цифровом образовании: значение, возможности, реализация: Сборник статей. – Арзамас: Арзамасский филиал ННГУ, 2019. – С. 422-425.

УДК 621.565

ЮНЮШКИН С.В.,[1] АВДЕЕВА А.А.[2]

ОЦЕНКА КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ В ПЛАСТИНЧАТОМ РЕКУПЕРАТОРЕ

[1]Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева
[2]Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

В работе рассматриваются особенности определения коэффициента теплопередачи в пластинчатом рекуператоре, применяемом в локальных системах вентиляции мастерских и малых производственных помещений. Данный параметр является одним из ключевых при

инженерном расчёте теплообменника, поскольку именно он определяет интенсивность передачи тепловой энергии между потоками приточного и вытяжного воздуха.

Пластинчатый рекуператор представляет собой теплообменное устройство, состоящее из пакета тонких пластин, формирующих систему чередующихся каналов. По одним каналам движется тёплый вытяжной воздух, по другим - холодный приточный. Передача тепла осуществляется через разделяющую пластину без смешивания потоков, что обеспечивает санитарную безопасность и позволяет использовать такие устройства в производственных и учебных помещениях.

Коэффициент теплопередачи характеризует способность всей системы «воздух–стенка–воздух» передавать тепло и учитывает совокупное влияние нескольких факторов. В отличие от коэффициента теплопроводности материала, он отражает не только свойства пластины, но и процессы теплообмена на её поверхности.

Общее термическое сопротивление пластинчатого теплообменника складывается из трёх основных составляющих: сопротивления теплоотдачи со стороны вытяжного воздуха, сопротивления теплопроводности материала пластины и сопротивления теплоотдачи со стороны приточного воздуха. При этом в большинстве практических случаев наибольший вклад в общее сопротивление вносят именно процессы теплообмена между воздухом и поверхностью пластины.

Для металлических материалов, таких как алюминий или сталь, теплопроводность достаточно высока, а толщина пластин невелика. В этих условиях сопротивление самой пластины оказывается сравнительно малым и практически не ограничивает процесс теплопередачи. Это означает, что увеличение теплопроводности материала выше определённого уровня уже не приводит к существенному росту эффективности, так как ограничивающим фактором становятся характеристики воздушного потока.

Ситуация изменяется при использовании материалов с низкой теплопроводностью, например, полимеров. В этом случае вклад сопротивления пластины становится значительным, что приводит к снижению общего коэффициента теплопередачи. Для компенсации этого эффекта требуется либо уменьшение толщины пластины, либо увеличение площади теплообмена, что не всегда возможно в компактных конструкциях.

На величину коэффициента теплопередачи также существенно влияют параметры движения воздуха. Скорость потока определяет интенсивность теплоотдачи: при увеличении скорости возрастает турбулентность, улучшается перемешивание воздуха и повышается эффективность передачи тепла от потока к поверхности пластины. Однако чрезмерное увеличение скорости приводит к росту аэродинамического сопротивления, что необходимо учитывать при проектировании.

Важную роль играет и геометрия каналов теплообменника. Расстояние между пластинами, их длина и ширина определяют, как площадь теплообмена, так и условия течения воздуха. Узкие каналы увеличивают площадь поверхности на единицу объёма, но одновременно повышают сопротивление движению воздуха. Более широкие каналы снижают потери давления, но могут ухудшать теплообмен из-за уменьшения интенсивности взаимодействия потока с поверхностью.

Дополнительным фактором является состояние поверхности пластин. Наличие шероховатости может способствовать интенсификации теплообмена за счёт разрушения пограничного слоя, однако одновременно увеличивает аэродинамическое сопротивление. Загрязнение поверхности в процессе эксплуатации, наоборот, снижает коэффициент теплопередачи и требует периодического обслуживания теплообменника.

Практическая оценка коэффициента теплопередачи в пластинчатых рекуператорах обычно выполняется на основе обобщённых экспериментальных данных и инженерных зависимостей. Для компактных вентиляционных установок характерны значения коэффициента теплопередачи в диапазоне примерно 15–30 Вт/(м²·К), в зависимости от конструкции, режима работы и используемых материалов.

Полученные выводы могут быть использованы при инженерном расчёте и проектировании пластинчатых рекуператоров для локальных систем вентиляции, где особенно важны компактность конструкции, энергоэффективность и надёжность работы оборудования.

УДК 681.5

ЯКУБЕНОК А.В., КЕЧКИНА Н.И.

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТЕПЛООБМЕННИКА В УЗЛЕ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ГОРЯЧЕЙ ВОДЫ

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Технологическим объектом управления, рассматриваемым в работе, является пластинчатый теплообменник Т46. Процесс заключается в передаче тепловой энергии от греющего пара к циркуляционной воде. Основная задача системы автоматизации – поддержание стабильной температуры горячей воды на уровне 70 °С на выходе из аппарата, независимо от колебаний внешних факторов.

Анализ и исследование теплообменника как объекта управления выполняется с использованием математической модели. Математическое описание строится с учетом закона сохранения энергии, отражающего разницу между приходящим и уходящим тепловыми потоками. В динамическом режиме, когда параметры меняются во времени, уравнение теплового баланса будет иметь вид:

$$Q_{\text{греющий}} - Q_{\text{потребляемый}} = \text{М} * \text{с} * \frac{dT_{\text{вых}}}{dt},$$

где $\text{М} * \text{с} * \frac{dT_{\text{вых}}}{dt}$ – это «энергетическая инерция» системы, отражающая скорость изменения температуры воды на выходе из теплообменника в зависимости от ее массы внутри него (M) и удельной теплоемкости (c); $q_{\text{греющий}}$ – тепловой поток, который поступает и выходит из аппарата с паром, Дж/с; $q_{\text{потребляемый}}$ – теплой поток, который поступает и выходит из аппарата с водой, Дж/с.

Количество теплоты зависит от расхода воды или пара и разности температур соответствующих потоков на входе и выходе из теплообменника.

Рассматриваемый объект управления является одномерным, технологический процесс – непрерывным. Для описания технологического объекта управления требуется выделить три группы параметров, которые представлены в математическом описании:

1. Регулируемый параметр: температура горячей воды ($T_{\text{вых}}$) на выходе из теплообменника.

2. Управляющее воздействие.

Возможными управляющими воздействиями для поддержания заданного значения температуры на выходе из аппарата являются расход пара, расход воды. Приоритетным управляющим воздействием является расход пара на входе в теплообменник. Если температура на выходе становится ниже 70 °С, контроллер вырабатывает управляющее воздействие для увеличения расхода пара за счет изменения степени открытия регулирующего клапана на линии подачи пара в теплообменник.

3. Возмущающие воздействия – это факторы, которые оказывая влияние на объект, приводят к отклонению регулируемого параметра от заданного значения. Для рассматриваемого объекта к ним относятся:

– температуру обратной воды на входе в аппарат, так как ее значение колеблется в диапазоне 13–33 °С;

– давление пара в магистрали: при падении давления ниже 0,6 МПа эффективность нагрева снижается.

Таким образом, исследование технологического объекта управления с использованием математического описания позволяет осуществить выбор управляющего воздействия, выявить и оценить влияние возмущающих воздействий. С учетом полученной информации могут быть предложены концепции автоматизированной системы управления. Расчет показателей качества регулирования позволяет выполнить обоснованный выбор оптимальной системы управления для обеспечения стабильной работы теплообменного аппарата.

СЕКЦИЯ 11

ЭКОНОМИКА, МЕНЕДЖМЕНТ И ИННОВАЦИИ

УДК 005.932:378.4:004.9

БАШКОВА А.А., БАШКОВ А.А.

УПРАВЛЕНИЕ ЗАКУПКАМИ ОБОРУДОВАНИЯ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ: ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ РИСКОВ ДУБЛИРОВАНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Развитие современной системы высшего образования предъявляет высокие требования к состоянию материально-технической базы вузов. Для технического университета лабораторное оборудование является стратегическим ресурсом, обеспечивающим как учебный процесс, так и выполнение наукоемких проектов (НИР, НИОКР, х/д, гранты и т.д.). В условиях ограниченности финансирования особую значимость приобретает эффективность управления ресурсами. Однако в крупных многопрофильных вузах, таких как НГТУ, распределенная организационная структура часто приводит к фрагментарности информационных потоков. Отсутствие единой базы знаний о составе и загрузке оборудования формирует риск дублирования закупок - ситуации, когда разные подразделения приобретают функционально идентичные дорогостоящие приборы, не зная о наличии аналогов в соседних лабораториях. С позиций системы менеджмента качества (СМК) такие повторные закупки свидетельствуют о дефектах бизнес-процессов и недостаточной зрелости механизмов риск-менеджмента.

Анализ текущего состояния процесса (модель «как есть»)

В ходе исследования был проведен анализ существующей модели закупок оборудования в НГТУ с применением нотации IDEF0. Текущий процесс характеризуется децентрализованным инициированием потребностей и автономным обоснованием заявок подразделениями.

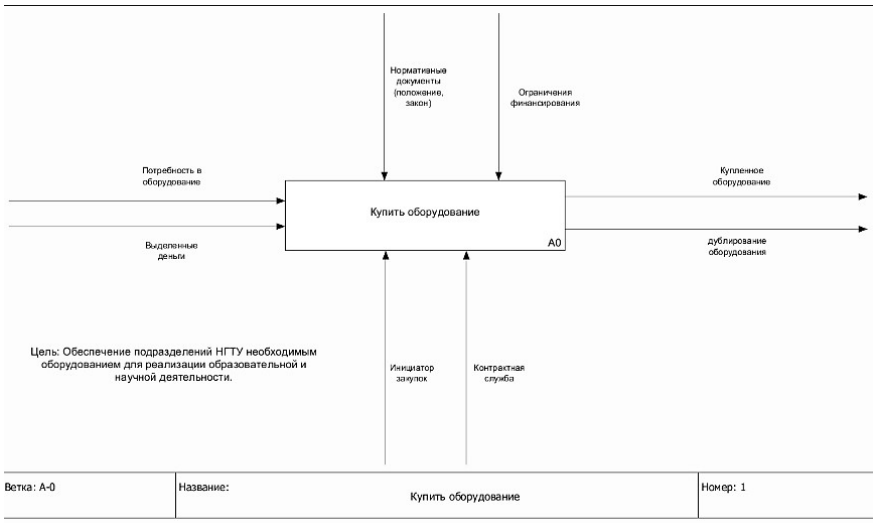


Рис. 1. Модель процесса «Купить оборудование» в состоянии «как есть»

Ключевой проблемой является то, что информация о наличии оборудования хранится в локальных источниках: бухгалтерских системах, инвентарных ведомостях или внутренних документах кафедр. В рамках функциональной модели «как есть» (рис. 1) выявлено отсутствие этапа обязательной проверки на функциональное дублирование перед согласованием закупки.

Эмпирический анализ перечня дорогостоящего оборудования НГТУ подтвердил наличие функционально сходных позиций, распределённых между различными подразделениями. В частности, оборудование для спектрального анализа представлено в нескольких организационных единицах университета. При этом в отдельных подразделениях сосредоточено по несколько единиц одного функционального класса, несмотря на наличие аналогичных приборов в других лабораториях.

Данные обстоятельства не только снижают коэффициент загрузки техники, но и увеличивают эксплуатационные расходы на обслуживание и метрологическую поверку. Основным фактором возникновения риска является «ведомственный» подход: подразделения склонны рассматривать оборудование как собственный закрытый ресурс, ограничивая доступ к нему для других пользователей.

Разработка целевой модели и информационного обеспечения

Для решения выявленных проблем предложена целевая модель процесса «как есть», основанная на интеграции информационного обеспечения в процедуру принятия решений.

Проектируемая информационная система (база знаний) должна выполнять не только учетную, но и управленческую функцию. Основные направления модернизации включают:

1. Внедрение нового функционального блока: обязательная проверка наличия аналогичного оборудования в масштабах всего университета на этапе согласования заявки.

2. Автоматизация поиска: система должна осуществлять поиск по техническим характеристикам и функциональному назначению, формируя отчет о наличии аналогов в НГТУ.

3. Мониторинг загрузки: введение в карточку оборудования данных о его фактической эксплуатации и статусе («свободно/занято»), что позволит развивать формат центров коллективного пользования.

4. Аналитический модуль: формирование сводных отчетов для руководства о структуре активов, что обеспечит переход от реактивного планирования к превентивному риск-менеджменту.

С точки зрения СМК, данное информационное обеспечение реализует принцип принятия решений на основе фактических данных и выступает инструментом предупреждающих действий.

Экономическая и практическая значимость

Внедрение предложенной системы позволяет достичь ряда значимых ожидаемых эффектов:

1. Оптимизация капитальных вложений: предотвращение избыточных закупок высвобождает средства для приобретения уникального оборудования, не имеющего аналогов в вузе.

2. Снижение удельных затрат: повышение коэффициента загрузки дорогостоящих приборов за счет межкафедрального использования снижает стоимость одного исследования.

3. Минимизация операционных издержек: оптимизация общего количества единиц парка оборудования ведет к сокращению затрат на его содержание и поверку.

Исследование показало, что проблема дублирования закупок в техническом ВУЗе носит преимущественно организационно-управленческий характер и обусловлена отсутствием единого информационного пространства. Переход к целевой модели управления закупками, усиленной специализированным информационным обеспечением, позволит НГТУ значительно повысить прозрачность использования ресурсов, минимизировать риски нерацио-

нальных расходов и создать условия для эффективной научно-образовательной деятельности в рамках системы менеджмента качества.

УДК 658.7:005.932

ГОЛУБЕВА М.В., РУСЯЕВ В.О., ДУДЧЕНКО Д.Б.

ABC-XYZ-АНАЛИЗ КАК ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЙ МЕТОД ОПТИМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В современном рынке эффективно управлять складскими запасами – значит напрямую влиять на прибыль и конкурентоспособность компании. Перед компанией постоянно стоит сложный выбор: как не допустить нехватки товара и не потерять продажи, но при этом не заморозить деньги в излишках. Эту задачу решает классический инструмент ABC-XYZ.

ABC-анализ – метод ранжирования объектов по степени их важности. Стоит отметить, что анализ базируется на *принципе Парето*, известном как правило 80/20, который гласит, что 20% усилий дают 80% результата. Традиционно выделяют три группы:

- *Группа A* (Высокая значимость): Небольшая доля позиций (20%), обеспечивающая основной вклад в целевой показатель (80% оборота).
- *Группа B* (Средняя значимость): Промежуточная группа позиций (около 20-30%), дающая 15-25% оборота.
- *Группа C* (Низкая значимость): Многочисленная группа позиций (оставшиеся 50-70%), формирующая незначительную часть оборота (5-10%).

XYZ-анализ – метод классификации объектов по степени стабильности/ предсказуемости их поведения. Выделяют три группы:

- *Группа X* (Высокая стабильность): Спрос прогнозируемый, устойчивый, с низким коэффициентом вариации (менее 10%). Возможна точная планировка.
- *Группа Y* (Средняя стабильность): Спрос с сезонными колебаниями или трендами, умеренная предсказуемость (коэффициент вариации в диапазоне от 10% до 25%).
- *Группа Z* (Низкая стабильность/случайный спрос): Нерегулярный, эпизодический спрос, плохо поддающийся прогнозированию (коэффициент вариации свыше 40-50%).

Комбинированный ABC-XYZ-анализ объединяет оба подхода, создавая матрицу из девяти сегментов (AX, AY, AZ, BX, BY, BZ, CX, CY, CZ). Эта матрица позволяет дифференцировать стратегии управления запасами с учетом как экономической значимости позиции, так и характера ее спроса.

Преимущества и причины широкого использования. Популярность метода в бизнес-практике обусловлена его ключевыми преимуществами:

1. Метод трансформирует сложный массив данных об ассортименте в понятную матрицу или карту сегментов, обеспечивая целостное представление о портфеле запасов.
2. Рациональное распределение управленческого внимания и ресурсов.
3. Дифференциация политик управления запасами.
4. Универсальность и адаптивность. Метод применим в розничной торговле, дистрибуции, производстве, для управления сырьем, готовой продукцией, а также клиентской базой и поставщиками.

Несмотря на преимущества, метод имеет ограничения:

- Статичность: классификация требует периодического пересмотра.

- Анализ опирается на данные прошедших периодов и может не отражать формирующиеся тренды или разовые изменения спроса, что требует регулярного и зачастую трудоемкого пересчета;
- Нельзя точно подсчитать нестандартные периоды спроса, например, сезонность.

УДК 338.2

ГУЛИЕВ Р.М., МИТЯКОВ С.Н.

ИМПОРТООПЕРЕЖЕНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ РАЗВИТИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ ИННОВАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ РОССИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

В последнее время в российском политическом и академическом дискурсе повестка дня сместилась с “устранения пробелов” (импортозамещения) в сторону технологического суверенитета и опережающего технологического развития, что требует не только замены недостающего импорта, но и создания внутренних возможностей для создания и масштабирования критически важных и сквозных технологий. Официальное определение технологического суверенитета в Концепции технологического развития (до 2030 года) недвусмысленно связывает суверенитет с наличием контролируемых внутри страны критических и сквозных технологий, собственных направлений разработок и производственных условий, обеспечивающих достижение национальных целей и интересов [4]. В то же время Концепция определяет “проекты по обеспечению технологического суверенитета” как проекты полного инновационного цикла (от исследований и разработок до производства и распространения), которые явно включают кадровые и нормативные аспекты. В этой концепции измерение инновационной системы становится центральным, а не вспомогательным.

Для обоснования импортоопережение, как стратегического инструмента инновационного развития и показания, как оно связано с укреплением национальной инновационной системы России (НИС), включая механизмы реализации, ограничения и концептуальное превосходство импортоопережения над импортозамещением, мы обращаемся к исследованию В. Ю. Анисимовой, которая дискутирует над проблемой зависимости от импортных технологий, которая в свою очередь тормозит развитие страны. Также отмечает, что импортоопережение само по себе уже является недостаточной мерой к увеличивающимся технологическим потребностям, т.е. простая замена импортных технологий не решает проблему целиком. Как следствие, агитируется переход к следующему этапу после импортозамещения – импортоопережению – созданию качественно новых, а главное конкурентноспособных товаров на мировом рынке [1].

Продолжая идею о необходимости перехода к импортоопережению, А. С. Юхно также акцентирует внимание на этой инициативе так, как этот шаг является ключевым для достижения технологического суверенитета страны, что также является одним из положений в концепции технологического развития. При этом автор аргументирует возможность такого качественного перехода тем, что у России уже есть научно-технологический задел для такого перехода. Например, накопленный опыт страны в высокотехнологичных секторах: атомная промышленность, генная инженерия, молекулярная биология, био-, информационные и лазерные технологии. [5]

В международных исследованиях в области инновационной политики также рассматривают "технологический суверенитет" как формирующуюся основу, которая пересекается с целями конкурентоспособности и социально-технических преобразований. Эдлер и др. (2023) утверждают, что технологический суверенитет следует понимать, как государственное учреждение, управляющее взаимозависимостями, и, что особенно важно, не как самоцель, а как средство достижения ключевых целей инновационной политики (конкурентоспо-

собности и способности к преобразованию) [6].

Из этого, можно сделать вывод, что зарубежные учёные предлагают идею рассмотрения импортоопережения через призму достижения технологического суверенитета не как автаркию, а как наращивание потенциала, поддерживающего инновационные результаты.

Учитывая, как объективную необходимость, так и наличие все соответствующих предпосылок и ресурсов для такого перехода, импортоопережение следует рассматривать не просто как реакцию на внешние ограничения, а как активную инновационную стратегию.

Рассматривая импортозамещения и импортоопережения в качестве не только адаптационных, но и инновационно ориентированных стратегий требует дальнейшего обращения к вопросу об их связи с развитием национальной инновационной системы России. Это обусловлено тем, что реализация данных стратегий невозможна вне институциональной среды, обеспечивающей создание, распространение и внедрение новых знаний и технологий.

Так, Головчанская Е.Э. сообщает, что в текущее время существуют негативные тенденции в показателях инновационной активности: например, о снижении коэффициента инновационной активности организаций за 2017-2022 годы и снижении изобретательской активности [2]. Эта динамика важна, поскольку продвижение импорта увеличивает нагрузку на инновационную систему: это повышает требования к результатам НИОКР, патентным возможностям и эффективности распространения

Но, автор также подчёркивает, что НИС формирует систему взаимоотношений науки, промышленности и общества. Это указывает на то, что импортозамещение рассматривается не как изолированный производственный акт, а как результат координации разных НИС [2]. Поскольку импортозамещение прямо названо актуальным вызовом, оно в свою очередь усиливает значимость НИС. Обуславливается это тем, что в условиях высоких темпов НТП и необходимости импортозамещения именно инновационный процесс производства наукоемких товаров и услуг становится его основой, а эффективная реализация этих приоритетов складывается в рамках НИС.

Основываясь на современных российских научных работах и основах политики, можно утверждать, что “импортозамещение” находится на более высоком этапе развития по сравнению с импортозамещением, поскольку оно смещает цель политики с восстановления доступности на создание независимых технологических линий и конкурентоспособных инноваций, которые могут превзойти импорт и поддержать лидерство в области сквозных технологий.

Импортоопережение не сводится к преодолению ограничений: как российские, так и международные исследования рассматривают технологический суверенитет как динамичную способность управлять взаимозависимостями и средство достижения целей инновационной политики. [5] Таким образом, импортоопережение аналитически связано с развитием российских НИС: оно требует проектов полного цикла, более эффективных систем НИОКР и их коммерциализации, скоординированных взаимодействий по принципу "тройной спирали", стратегий развития человеческого капитала и механизмов цифровой модернизации, которые формируют спрос и распространение [4].

В то же время внедрение сдерживается пробелами в эффективности НИС и институциональными несоответствиями, а также ограниченными возможностями рынка, которые затрудняют разработку критически важных технологий исключительно на основе рыночных принципов.

Библиографический список

1. Анисимова В. Ю. Импортоопережение инноваций как фактор укрепления технологического суверенитета государства // Петербургский экономический журнал. 2024. № 4 (46).
2. Головчанская Елена Эдуардовна. "Особенности национальной инновационной системы в условиях обеспечения технологического суверенитета" Вестник Московского универси-

тета имени С. Ю. Витте. Серия 1: Экономика и управление, no. 1 (48), 2024, pp. 7-13. doi:10.21777/2587-554X-2024-1-7-13
3. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 20 мая 2023 г. № 1315-р «Об утверждении Концепции технологического развития на период до 2030 года» // Официальный интернет-портал правовой информации.
4. Юхно А.С. Технологический суверенитет как фактор укрепления государственного управления // Государственное управление. Электронныйвестник. 2026. № 114. С. 160–173. DOI: 10.55959/MSU2070-1381-114-2026-160-173
5. Edler J., Blind K., Kroll H., Schubert T. Technology sovereignty as an emerging frame for innovation policy. Defining rationales, ends and means // Research Policy. 2023. Vol. 52, No. 6. Art. 104765. DOI: 10.1016/j.respol.2023.104765

УДК 004.85

ЗАГАЙНОВ М.А., ДАБАГЯН А.А.

ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ БАНКОВСКИХ ОПЕРАЦИЙ ПРИ ОБУЧЕНИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ МОШЕННИЧЕСТВА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время банковская сфера стремительно проходит стадию цифровизации. В этих условиях искусственный интеллект активно обучается на больших массивах персональных данных физических лиц. Это необходимо для выявления мошеннических операций. Однако, такое обучение требует четкого правового регулирования, поскольку оно напрямую затрагивает фундаментальные права граждан на неприкосновенность частной жизни и защиту данных.

Этическая основа использования таких данных при обучении ИИ базируется на принципах прозрачности, справедливости, минимизации используемых данных и информирования субъекта. Субъект, т.е. клиент банка, должен давать согласие на использование своих данных при обучении. Модели ИИ анализируют транзакции, геолокацию и поведенческие паттерны клиентов, что позволяет эффективно выявлять мошенничество. Вместе с тем возникает риск нарушения этических норм, если обработка данных проводится необоснованно или приводит к дискриминации какой-либо группы клиентов.

Ключевым нормативным актом, который задаёт рамки этической обработки персональных данных является Федеральный закон № 152-ФЗ «О персональных данных». Согласно ст. 5 Закона [1] обработка данных должна быть законной, справедливой и прозрачной. Для банковских организаций дополнительным основанием служит закон №115-ФЗ «О противодействии легализации доходов, полученных преступным путём» [2]. Он обязывает банки проводить мониторинг операций. Важную роль играет также Федеральный закон № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» [5], регулирующий общие принципы работы информационных систем, в которых обучается ИИ. Однако, даже при наличии законных оснований этическая ответственность требует обязательного обезличивания данных на этапе обучения (пункт 9, ст. 6 152-ФЗ [3]) и регулярной оценки влияния моделей ИИ на права субъектов.

Нарушение этических принципов (отсутствие прозрачности алгоритмов, непропорциональный сбор данных, риск предвзятости моделей) может привести не только к юридическим санкциям по ст. 13.11 КоАП РФ [4], но и к крупным административным штрафам, приостановке или блокировке информационных систем, а в особо тяжёлых случаях – к уголовной ответственности. Кроме того, это влечёт утрату доверия клиентов к банковской организации. Поэтому современные антифрод-системы должны включать механизмы объяснимого

ИИ (Explainable AI). Они позволяют субъекту данных понимать то, каким образом модель приняла конкретное решение.

Таким образом, этическая основа обучения ИИ на банковских операциях физических лиц представляет собой баланс между эффективностью борьбы с мошенничеством и уважением к правам и свободам человека. Дальнейшее развитие технологий возможно только при условии внедрения этических стандартов, аудита моделей и обязательного информирования клиентов о целях использования их данных.

Библиографический список

1. Федеральный закон от 27.07.2006 № 152-ФЗ «О персональных данных». Статья 5 [Электронный ресурс]. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_61801/96fbc469f91f57235cc842a85e0516a99f23dc85/ (дата обращения: 29.03.2026).
2. Федеральный закон от 07.08.2001 № 115-ФЗ «О противодействии легализации (отмыванию) доходов, полученных преступным путем, и финансированию терроризма» [Электронный ресурс]. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_32834/ (дата обращения: 29.03.2026).
3. Федеральный закон от 27.07.2006 № 152-ФЗ «О персональных данных». Статья 6 [Электронный ресурс]. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_61801/315f051396c88f1e4f827ba3f2ae313d999a1873/ (дата обращения: 29.03.2026).
4. Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях. Статья 13.11 [Электронный ресурс]. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34661/1f421640c6775ff67079ebde06a7d2f6d17b96db/ (дата обращения: 29.03.2026).
5. Федеральный закон от 27.07.2006 № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» [Электронный ресурс]. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_61798/ (дата обращения: 05.04.2026).

УДК 004.942:332.1

КИСЕЛЕВ Т.С.

КЛАССИФИКАЦИЯ ФОРМ ПОСТКРИЗИСНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА РЕГИОНОВ РОССИИ МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Предложена система раннего предупреждения для классификации траекторий посткризисного восстановления промышленного производства субъектов РФ. Существующие подходы к оценке региональной устойчивости ограничены описательной статистикой [1], тогда как инструменты предиктивной классификации формы восстановления отсутствуют. На основе помесячных данных ИПП 83 регионов за 2016–2025 гг. методом z-score-детекции выявлены 112 кризисных эпизодов. Показана невозможность типологии V/W/U/L (91 % – V-форма); задача переформулирована в бинарную классификацию: быстрое vs. затяжное восстановление.

Для каждого эпизода извлечены 50 trailing-only признаков: 42 геометрических (форма траектории за 6 месяцев кризиса), 6 пространственных (Queencontiguity по GADM: ИПП соседей, положение в ФО) и 3 структурных (Росстат: электроэнергия, занятость) [2]. Сравнение шести классификаторов при темпоральной валидации (обучение ≤ 2023, тест 2024–2025) вы-

явило превосходство логистической регрессии (AUC = 0,987 на объединённой val+test, n = 19) над CatBoost, LightGBM и TabPFN (AUC ≤ 0,859) – L2-регуляризация оптимальна при n = 93 и мультиколлинеарности.

Реализована прогрессивная схема: прогноз в месяц 0 (AUC = 0,910), месяц 3 (AUC = 0,962), месяц 6 (AUC = 0,987). Порог классификации $\tau = 0{,}21$ выбран честно – медиана 5-fold CV на обучающей выборке без заглядывания в тест. На тесте 2025 г. (n = 12) получены AUC = 1,000, F1 = 0,444; на val+test (n = 19): F1 = 0,667, MCC = 0,519. Робастность метрики разделения подтверждена walk-forward CV (7 folds, 2019–2025, rolling 3-year train): AUC = 0,977 ± 0,036 стабилен через все кризисные режимы, включая санкционный перелом 2022 г. Пермутационный тест и байесовский иерархический анализ подтверждают отсутствие артефактов.

Выявлены прикладные закономерности: волатильность электропотребления – сильнейший предкризисный сигнал ($d = 0{,}68$); пространственный мультипликатор $\rho = 0{,}35$ (каждый восстановившийся сосед +6,2 п.п.); бюджетный профицит ассоциирован с быстрым восстановлением ($d = 0{,}46$). Аналоги в литературе отсутствуют: существующие подходы классифицируют формы post-hoc на уровне стран [3]. Предложенная система работает предиктивно, на региональном уровне, с прогрессивным обновлением прогноза.

Библиографический список

1. Зубаревич, Н.В. Регионы России в острой фазе кризиса 2022 / Н.В. Зубаревич // Журнал НЭА. – 2024. – № 4(64). – С. 54–83.
2. Катаева, Л.Ю. Прогнозируемость региональных показателей / Л.Ю. Катаева, Д.А. Масленников // Вестник АЗ. – 2025. – № 5(70).
3. Cerutti, E. A Customized ML Algorithm for Discovering the Shapes of Recovery / E. Cerutti, S. Claessens, L. Laeven // J. of Business Cycle Research. – 2021. – Vol. 17. – P. 257–280.

УДК 330, 330.4, 330.43

КОРОТКОВ К.С.

СБОР И ПРЕДОБРАБОТКА МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИХ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОГНОЗА КРИЗИСНЫХ СОСТОЯНИЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В условиях высокой чувствительности экономики к изменениям деловой активности, финансовых условий и ожиданий особую значимость приобретает задача раннего выявления признаков кризисных состояний. Для построения устойчивых прогнозных моделей необходим не просто набор макроэкономических рядов, а согласованный и воспроизводимый датасет, в котором данные из разных источников приведены к единой временной структуре и корректно подготовлены к анализу. В работе рассматривается процесс формирования такой базы на основе показателей FRED: от унификации календаря и приведения частот до расчёта производных признаков, контроля качества и подготовки лаговых переменных.

Целью исследования является сформировать единый помесячный датасет для прогнозирования кризисных режимов и макроэкономической динамики на горизонтах 1–12 месяцев. США выбраны как демонстрационный пример из-за высокой доступности стандартизованных рядов [1].

Базу данных составляют временные ряды FRED: целевые показатели USREC и INDPRO_YoY, а также факторные признаки. Дополнительно подключаются DJIA, доходности GS10 и TB3MS, индекс финансовых условий NFCI и показатель жилищного рынка HOUST [2].

Все источники приводятся к единому полю Date и месячной частоте. Для недельного NFCI выполняется агрегация до среднего по месяцу. Рассчитываются HOUST_YoY, спред кривой доходности YC_10Y_3M, его изменения за 3 и 6 месяцев, а также квартальные дельты TCU и UMCSENT.

Таблицы объединяются по дате по схеме левого соединения (leftjoin), что сохраняет опорную календарную сетку. После расчёта производных признаков выполняется консервативная очистка выборки от пропусков. Причинность сохраняется за счёт использования только прямого заполнения (forwardfill) и сдвигов в прошлое [3].

Итоговый датасет содержит согласованные макроэкономические и финансовые признаки, а также их лаги 1–12 месяцев. Такой набор пригоден для бэктестинга, временной кроссвалидации и последующего построения классификационных моделей.

Проверяются отсутствие дубликатов дат, монотонность месячной сетки и корректность ручной сверки производных показателей (например, $YC_10Y_3M = GS10 - TB3MS$). Отдельно контролируется структура пропусков и отсутствие временной утечки: в признаках не используется информация из будущего, а все лаги строятся только через сдвиг (shift) в прошлое.

Описанный конвейер обеспечивает сопоставимость разнородных макроэкономических данных, воспроизводимость расчётов и корректную временную постановку задачи. Подготовленный датасет может служить надёжной основой для прогнозирования кризисных состояний и дальнейшего эконометрического моделирования.

Библиографический список

1. Катаева Л. Ю. Влияние индикаторов на прогнозируемость экономической безопасности региона / Л. Ю. Катаева, Д. А. Масленников, Т. А. Федосеева // Фундаментальные исследования. – 2019. – № 12-1. – С. 72–76.
2. Федеральный резервный банк Сент-Луиса. FRED: FederalReserveEconomicData [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://fred.stlouisfed.org/ (дата обращения: 27.03.2025).
3. Pandas. Timeseries / datefunctionality [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://pandas.pydata.org/docs/user_guide/timeseries.html (дата обращения: 27.03.2025).

УДК 338.2

КОЧЕГАНОВА Л.М.

ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ ВУЗОВ РОССИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В условиях, когда экономика Российской Федерации ориентируется на инновационное развитие, особое значение приобретает модернизация системы образования, прежде всего высшего. Сегодня именно высшая школа рассматривается как ключевой ресурс создания и внедрения новшеств, поэтому ее инновационный потенциал становится предметом пристального внимания.

Инновационные технологии в образовании предполагают осознанное обновление разных видов деятельности – учебной, научной, организационной и управленческой. Эти изменения охватывают разработку и внедрение экономических, педагогических и административных решений, которые позволяют образовательным организациям адаптироваться к современным вызовам.

Показатель «высшее образование и профессиональная подготовка» включён в систему из двенадцати критериев, используемых для оценки уровня конкурентоспособности государств в глобальном рейтинге Всемирного экономического форума (StrategyPartners). Этот

показатель отражает вклад образования в развитие экономики и устойчивость национальной инновационной системы. В большинстве стран высшая школа превратилась в крупный комплекс, создающий значимую часть национального интеллектуального капитала. Поэтому при формировании инновационного климата в России невозможно игнорировать роль университетов [1].

Цифровизация и процессы, связанные с Четвёртой промышленной революцией, радикально меняют структуру экономики и социальную сферу, затрагивая и трансформируя образование. Технологии BigData, машинное обучение и искусственный интеллект создают общество с новыми запросами и ценностями. На этом фоне университет перестает быть исключительно площадкой для обучения и исследований: он превращается в центр проектной деятельности, генерации идей, создания стартапов и коммерциализации научных результатов. Университет становится одним из ключевых участников развития регионов и новой экономики [2].

Современная модель высшего образования строится на тесной связи учебного процесса с научно-исследовательской и инновационной деятельностью. Университет рассматривается как ядро научно-образовательного пространства, где формируются и реализуются инновации. Обществу сегодня нужен не просто транслятор знаний, а организация, создающая новые знания как самостоятельно, так и в кооперации с партнёрами.

Следовательно, высшее образование утрачивает роль пассивного хранилища информации, превращаясь в активную среду генерации идей, без которой невозможна устойчивая инновационная экономика.

Именно такая модель – интеграция обучения, науки и кооперации – становится главным критерием эффективности вуза, ведь только синергия этих трех компонентов способна подготовить специалиста, способного не просто пользоваться готовыми решениями, а создавать их.

Библиографический список

1. Альтбах, Ф. Дж. Глобальные перспективы высшего образования / Ф. Дж. [. - Москва : Изд. дом Высшей школы экономики, 2023. - 548 с.
2. Глухов В. В., Васецкая Н. О. Трансформация модели университета в условиях «индустрии 4.0» // В сборнике: Процессы глобальной экономики. Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. 2021. С. 121-129.

УДК 338.2

КОЧЕГАНОВА Л.М.

ПРОБЛЕМЫ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ В ВЫСШЕМ ОБРАЗОВАНИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Высшая школа играет стратегическую роль в обеспечении технологического лидерства страны. Быстрое развитие технологий требует опережающих изменений в самой системе высшего образования – как внутренних (управление, научная деятельность, инновации, методики обучения), так и внешних (финансирование, взаимодействие с государством, бизнесом и другими университетами) [1].

За последние годы значительная часть инноваций в высшей школе реализуется благодаря государственным инициативам и финансированию в рамках национальных проектов, направленных на повышение качества образования и укрепление научно-технологического потенциала страны.

Российская государственная политика в области высшего образования стала комплексной и многоуровневой, сочетая универсальные программы поддержки («Приоритет-2030») с целевыми, ориентированными на конкретные вызовы (ПИШ, НОЦ), и подкрепляя все это масштабными инфраструктурными инвестициями (кампусы).

Однако в ходе развития данных проектов приходится сталкиваться с различными проблемами и вызовами, такими как:

1) бюрократизация: большой объем отчетности для участников государственных программ;
2) неравенство: Крупные гранты получает ограниченное число вузов, что может увеличить разрыв между лидерами и остальными;
3) утечка мозгов: Несмотря на все усилия, сохраняется отток талантливых ученых и студентов за рубеж;
4) адаптация профессорско-преподавательского состава: Не все преподаватели быстро и легко переходят на новые, более интерактивные и цифровые форматы обучения;
5) зависимость от государственного финансирования: Успех многих инициатив сильно зависит от непрерывности бюджетных потоков.

Российская система высшего образования находится в активной фазе трансформации. Основной вектор инноваций задается крупными государственными программами, которые нацелены на интеграцию образования, науки и промышленности, цифровизацию и повышение глобальной конкурентоспособности. Наиболее заметные результаты сегодня видны в области инженерного образования (ПИШ) и в создании инфраструктуры (кампусы). Однако успех этих инициатив в долгосрочной перспективе будет зависеть от способности системы преодолеть внутренние бюрократические барьеры, сохранить кадровый потенциал и обеспечить реальную, а не декларативную связь с потребностями экономики и общества.

---

1. Цауркубуле Ж. Л. Использование инновационных технологий в формировании образовательного процесса вуза // Технологии информатизации и управления : сб. науч. ст. / редкол.: А. М. Кадан (отв. ред.) [и др.]. Минск, 2021. Вып. 2. С. 443–448.

УДК 519.86

КРЮКОВА Т.С.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ БАНКРОТСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева

В современных экономических условиях задача прогнозирования банкротства предприятий является одной из ключевых в области анализа финансовых рисков [1]. В современных исследованиях для решения задач прогнозирования активно используются методы математического моделирования и машинного обучения, позволяющие учитывать сложные зависимости в данных [2].

В качестве исходных данных использовался открытый датасет финансовых показателей предприятий и бинарный признак банкротства [3]. Доля предприятий-банкротов в выборке составила 12%, тогда как доля финансово устойчивых компаний - 88%, что свидетельствует о выраженном дисбалансе классов.

Для исследования были рассмотрены два метода: параметрический метод (t-критерий Уэлча) и непараметрический метод (критерий Манна–Уитни). Первый метод – это t-критерий Уэлча не требует предположения о равенстве дисперсий сравниваемых выборок и является более устойчивым в условиях дисбаланса классов. Второй рассматриваемый метод

– это критерий Манна–Уитни. Данный метод не требует предположения о нормальности распределения и применяется для анализа различий распределений в более общем случае [4].

В ходе анализа установлено, что t-критерий Уэлча позволяет корректно выявлять различия между группами предприятий даже при наличии неоднородности дисперсий и различий в объемах выборок. Однако для финансовых показателей часто наблюдаются асимметрия распределений и наличие выбросов, что может снижать точность параметрических методов. Критерий Манна–Уитни показал более устойчивые результаты при анализе финансовых данных, поскольку метод не чувствителен к выбросам и не требует нормальности распределения. Результаты применения обоих методов показали наличие статистически значимых различий ($p < 0,05$) по ряду ключевых финансовых показателей. В частности, среднее значение рентабельности активов в группе финансово устойчивых предприятий составило 8,4%, тогда как в группе банкротов – −2,1% ($p = 0,003$ по t-критерию Уэлча). Критерий Манна–Уитни подтвердил полученные результаты ($p < 0,01$).

В результате, сравнительный анализ показал, что параметрические методы, в частности t-критерий Уэлча, обеспечивают более интерпретируемые результаты при анализе средних значений выборок, однако их применение ограничено особенностями распределения данных и чувствительностью к выбросам. Непараметрические методы, в свою очередь, являются более универсальными и устойчивыми к отклонениям от нормальности распределения, а также к наличию выбросов, что делает их предпочтительными при анализе реальных финансовых данных.

Библиографический список

1. Barboza, F., Kimura, H., Altman, E. Machine learning models and bankruptcy prediction // Expert Systems with Applications. – 2017.
2. Масленников, Д.А., Катаева, Л.Ю., Ильичёва, М.Н. Комплексное прогнозирование экономического развития Нижегородской области: интеграция численных методов и машинного обучения // Инновационное и промышленное развитие. – 2023. – С. 60–66. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_87696089_79765603.pdf (дата обращения: 01.04.2026).
3. Company Bankruptcy Prediction Dataset [Электронныйресурс] // Kaggle. URL: https://www.kaggle.com/datasets/fedesoriano/company-bankruptcy-prediction (дата обращения: 01.04.2026).
4. Бойко, Н. Е., Калинина, Е. А. Прогнозирование вероятности банкротства российских предприятий на основе статистических моделей // Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева. – 2022.

УДК 332.83

КУФТЫРЕВА Н.А., КУФТЫРЕВА И.К.

ДИНАМИКА РЫНКА ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева,
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет

Нижегородская область продолжают наращивать темпы жилищного строительства несмотря на то, что рынок переживает период охлаждения. Динамика построенных квартир в Нижегородской области за период 2000-2025 гг. представлена на рисунке (разработан авторами).

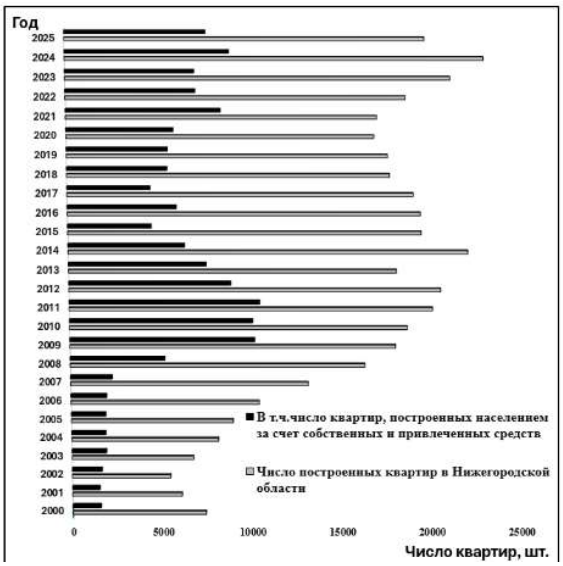


Рис.1. Число построенных квартир в Нижегородской области за период 2000-2025 гг.

2023 год был рекордным – было введено более 1,8 млн кв.м. жилья (превышение плана на 16%). В 2024-м снова было перевыполнение изначального плана – введено 2 млн. новых квадратных метров. В 2025 наблюдалось снижение объемов ввода жилья, связанное с объективными явлениями в экономике: жесткой денежно-кредитной политикой и завершением массовой программы субсидирования ипотеки. С 2026 году рынок недвижимости Нижегородской области ждёт еще ряд перемен:

- льготные программы станут еще строже: с февраля 2026 года одной семье разрешат взять только один льготный кредит (привлечение посторонних людей в созаёмщики будет запрещено);
- отмена отсрочки на штрафы за срыв сроков сдачи домов для застройщиков.

Рост НДС с 20% до 22% в 2025 г. уже повлиял на цену материалов и работ, что, в свою очередь, приведет к увеличению стоимости новых квартир. Несмотря на это нижегородский рынок жилищного строительства адаптируется к новым условиям высоких банковских ставок и сокращенной господдержки ипотеки: фиксируя снижение продаж, строительные компании сокращают внутренние затраты, ищут альтернативные инвестиционные решения, но не останавливают работу на площадках и проектирование в ожидании стимулирования спроса программами для отдельных категорий заемщиков. Основным инструментом развития сектора жилищного строительства, будет комплексное развитие территорий (КРТ), когда девелоперы, заключившие с властями договоры КРТ, берут на себя обязательства одновременно строить жильё и социальную инфраструктуру.

УДК 004.891

ЛЕБЕДЕВ И.М., ДАБАГЯН А.А.

ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В РАЗНЫХ СФЕРАХ ЭКОНОМИКИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Искусственный интеллект (далее ИИ) проникает во все отрасли экономики, однако правовое регулирование существенно отстаёт от технологий [10]. Традиционное право исходит из того, что решения принимает человек, тогда как ИИ действует автономно при неопределённом правовом статусе.

В российской экономике к началу 2026 года наблюдается этап масштабного практического внедрения ИИ. Объем рынка ИИ-технологий по итогам 2024 года достиг 1,15 трлн рублей, продемонстрировав рост более чем на 28% [11]. Лидером по уровню внедрения и объему инвестиций остается финансовый сектор: на него приходится около 77% всех затрат на оборудование и 43% на программное обеспечение для ИИ [11]. В банковской сфере уровень использования технологий достигает 90–100%, охватывая скоринг, клиентские сервисы и управление рисками [12].

Центральная проблема – распределение ответственности за действия ИИ. Модель ответственности за вину неэффективна из-за «эффекта чёрного ящика», когда даже разработчики не могут объяснить логику решения системы [5]. Цепочка потенциально ответственных лиц включает создателей алгоритма, компании, обучавшие модель, интеграторов и конечных пользователей. Перспективны модели строгой ответственности, обязательное страхование рисков и механизмы распределённой ответственности [6].

В реальном секторе экономики показатели варьируются: в промышленности уровень внедрения составляет около 46%, где ИИ используется для предиктивного обслуживания и контроля качества [12]. В сельском хозяйстве технологии ИИ (автопилоты, анализ урожайности) позволяют повысить эффективность производства на 30–40% [12]. При этом более 40% российских компаний уже используют инструменты ИИ для решения бизнес-задач, что подтверждает переход технологии из экспериментальной плоскости в прикладную [13].

На международном уровне сложились три модели. Европейский союз принял риск-ориентированный AI Act. США придерживаются секторального подхода. Китай сочетает государственный контроль с поддержкой развития. Россия избрала путь экспериментальных правовых режимов, позволяющих тестировать технологии до принятия общеобязательных норм [3].

Отдельную проблему представляет защита персональных данных. Обучение ИИ требует обработки огромных массивов информации, что вступает в противоречие с принципами минимизации данных, закреплёнными в 152-ФЗ [2]. Особую остроту приобретает применение систем биометрической идентификации, где баланс между безопасностью и правом на частную жизнь остается предметом дискуссий [8].

Необходим комплексный подход: единый закон об ИИ, модернизация норм об интеллектуальной собственности и закрепление права на человеческий контроль над автоматизированными решениями [4]. Только системное регулирование позволит обеспечить баланс между стимулированием инноваций и защитой фундаментальных прав граждан.

Библиографический список

1. Гражданский кодекс Российской Федерации (часть четвертая) от 18.12.2006 № 230-ФЗ [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64629/ (дата обращения: 18.03.2026).
2. Федеральный закон от 27.07.2006 № 152-ФЗ «О персональных данных» [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_61801/ (дата обращения: 18.03.2026).
3. Федеральный закон от 31.07.2020 № 258-ФЗ «Об экспериментальных правовых режимах в сфере цифровых инноваций в Российской Федерации» [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_358738/ (дата обращения: 18.03.2026).
4. Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 года [Электронный ресурс]: утв. Указом Президента РФ от 10.10.2019 № 490. URL: http://www.kremlin.ru/acts/bank/44731 (дата обращения: 18.03.2026).
5. Архипов В. В., Наумов В. Б. Искусственный интеллект и автономные устройства в контексте права [Электронный ресурс] // Труды СПИИРАН. 2017. № 6 (55). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/iskusstvennyy-intellekt-i-avtonomnye-ustroystva-v-kontekste-prava (дата обращения: 18.03.2026).

УДК 336.71:004.8

МАЛАНОВ К.А., ДАБАГЯН А.А.

НЕЙРОСЕТИ КАК ИНСТРУМЕНТ ОЦЕНКИ КЛИЕНТОВ БАНКА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В российском банковском секторе нейросети постепенно переходят из роли вспомогательного аналитического инструмента в элемент принятия кредитных решений. Их главное преимущество заключается в способности обрабатывать большие массивы разнородных данных - кредитные истории, транзакционную активность, сведения о долговой нагрузке и поведенческие признаки - и выявлять нелинейные зависимости, которые не фиксируются традиционными скоринговыми моделями. В результате повышается точность оценки вероятности дефолта заемщика и сокращается время рассмотрения заявки. При этом правовая база использования таких технологий уже сформирована: Федеральный закон № 218-ФЗ регулирует формирование и использование кредитных историй, а Федеральный закон № 152-ФЗ устанавливает требования к обработке персональных данных [1; 2].

Практика показывает, что нейросети активно внедряются как в банковском секторе, так и в инфраструктуре кредитных бюро. Так, по данным Национального бюро кредитных историй (НБКИ), внедрение скоринговой модели на основе искусственного интеллекта позволило повысить точность прогнозирования кредитного риска и примерно в 1,6 раза снизить уровень дефолтов в отдельных сегментах розничного кредитования; при этом время обработки заявки сократилось до долей секунды [6]. В банковской практике также фиксируется значительное ускорение процессов: применение ИИ позволяет обрабатывать кредитные заявки в течение нескольких минут и повышать точность прогнозирования риска [7]. Это делает возможным не только ускорение принятия решений, но и более гибкую настройку кредитной политики.

Одновременно Банк России формирует требования к использованию подобных моделей. Согласно позиции регулятора, все системно значимые банки к 1 января 2030 года должны перейти на продвинутый подход к оценке кредитного риска на основе внутренних рейтингов (ПВР) [4]. При этом модели подлежат обязательной валидации, а контроль за ними распространяется на весь жизненный цикл - от разработки до практического применения [3]. Таким образом, нейросети становятся частью более широкой системы количественного риск-менеджмента.

Вместе с тем использование нейросетей сопровождается рядом ограничений. Основная проблема связана с их непрозрачностью: сложные модели функционируют как «черный ящик», что затрудняет объяснение причин принятия конкретного решения. Это усиливает модельный риск и требует процедур валидации, мониторинга и регулярного пересмотра моделей [3].

Не менее значим правовой и этический аспект. Использование нейросетей в скоринге связано с обработкой персональных данных, что требует строгого соблюдения законодательства и исключения дискриминационных практик. В рамках национальной стратегии развития искусственного интеллекта до 2030 года предусмотрено формирование системы регулирования и стандартов в сфере ИИ, что подчеркивает комплексный характер регулирования в России [5]. В этих условиях нейросети в банковской деятельности следует рассматривать не как замену человека, а как инструмент повышения качества анализа при сохранении контроля со стороны специалистов.

Таким образом, нейросети уже стали важным элементом системы оценки клиентов банка в России. Они позволяют повысить точность прогнозирования рисков, ускорить принятие решений и адаптировать кредитную политику к изменяющимся условиям. Однако их эффективное применение возможно только при сочетании технологических преимуществ с развитой системой регулирования, контроля и защиты прав клиентов.

Библиографический список

1. Федеральный закон от 30.12.2004 № 218-ФЗ «О кредитных историях» [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51043/ (дата обращения: 29.03.2026).
2. Федеральный закон от 27.07.2006 № 152-ФЗ «О персональных данных» [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_61801/ (дата обращения: 29.03.2026).
3. Положение Банка России от 02.11.2024 № 845-П «О порядке расчета величины кредитного риска банками с применением банковских методик управления кредитным риском и моделей количественной оценки кредитного риска» [Электронный ресурс]. URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/411209161/ (дата обращения: 29.03.2026).
4. Банк России. Все системно значимые банки к 2030 году перейдут на продвинутый подход к оценке кредитного риска [Электронный ресурс]. URL: https://www.cbr.ru/press/event/?id=14327 (дата обращения: 29.03.2026).
5. Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 года [Электронный ресурс]: утв. Указом Президента РФ от 10.10.2019 № 490. URL: http://www.kremlin.ru/acts/bank/44731 (дата обращения: 29.03.2026).

УДК 005.95:004.42

ПЕТРУХИНА С.А.

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ HR-ПРОЦЕССОВ: РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ОТПУСКОВ НА ПЛАТФОРМЕ «1С: ПРЕДПРИЯТИЕ»

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Цифровая трансформация управления персоналом выступает ключевым фактором повышения эффективности предприятий. Несмотря на активное внедрение цифровых экосистем, уровень автоматизации кадровых задач остаётся неоднородным: 20% российских компаний до сих пор не автоматизировали ни одного HR-процесса, а 42% оценивают состояние кадрового учёта как «отлаженный механизм» [1]. Одним из наиболее трудоёмких участков является планирование ежегодных отпусков.

Ручное составление графика отпусков, обязательного согласно ст. 123 ТК РФ, сопряжено с высокими временными затратами, риском пересечений отпусков ключевых специалистов и нарушениями трудового законодательства. В крупных компаниях с численностью более 35000 человек данный процесс требует многократных согласований и хранения значительных объёмов бумажной документации [2].

Автоматизация планирования отпусков на базе «1С: Предприятие» позволяет преодолеть эти ограничения. Существующие решения обеспечивают контроль остатков дней, исключение конфликтов и прозрачность процесса, однако зачастую не учитывают пожелания сотрудников и производственную необходимость в комплексе.

Предлагаемый алгоритм интеллектуального планирования отпусков реализует многофакторный подход, включающий: ранжирование персонала по приоритетам (льготные категории, стаж, должностные обязанности); автоматизированную проверку пересечений отпусков по подразделениям; оптимизацию конфликтных ситуаций с минимизацией производственных потерь. Программная реализация выполнена в виде внешней обработки для типовой конфигурации «1С: Зарплата и управление персоналом», что обеспечивает бесшовную интеграцию в существующий контур кадрового учёта [3].

Экономическая эффективность внедрения достигается за счёт сокращения трудозатрат специалиста кадровой службы (в среднем на 70%, по аналогии с кейсом ПАО «РУСАЛ» [2]), снижения рисков простоев из-за одновременного отсутствия ключевых сотрудников и уменьшения количества переносов отпусков. Практическая значимость работы заключается в создании готового к тиражированию инструмента, повышающего прозрачность и управляемость кадрового планирования на предприятиях различных отраслей.

Библиографический список

1. Карта HR-ландшафта России: исследование уровня цифровизации кадровых процессов в федеральных округах / Neon HRM, HR-клуб «Как делать», форум «Персонал Экспо». – URL: https://neonhrm.nexign.com/en/node/41 (дата обращения: 14.04.2026).
2. Наталья Грицкевич, «РУСАЛ»: «Благодаря КЭДО мы снизили ручные операции на 70%» // CFO Russia. – 05.08.2025. – URL: https://www.cfo-russia.ru/stati/?article=93163 (дата обращения: 14.04.2026).
3. Внешняя обработка «Мастер управления отпусками»: комплексное решение для 1С: ЗУП 3.1 // Инфостарт. – 30.01.2026. – URL: https://infostart.ru/marketplace/1565863/?ref=557 (дата обращения: 14.04.2026).

УДК – 004

РЕЗЦОВ С. М.

АНАЛИЗ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО ВОСПРИЯТИЯ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ В СОЦИАЛЬНЫХ МЕДИА

Нижегородский государственный технический университет имени Р. Е. Алексеева

Социальные медиа в настоящее время являются ключевым пространством публичной коммуникации, в котором формируется оценка социальных, экономических и политических процессов. Пользователи ежедневно создают текстовый контент, формируя цифровой след. В таких условиях цифровой образ региона приобретает особое значение, поскольку он формируется из совокупности факторов, которые включают социально-экономическое развитие, политические и культурные события, а также опыт взаимодействия жителей и туристов с городской средой. Эмоциональная окраска такого образа может рассматриваться как показатель восприятия региона и уровня удовлетворённости населения, а её анализ позволяет выявлять доминирующие настроения и отслеживать их изменения.

С развитием технологий методы обработки естественного языка значительно расширились, создавая новые возможности анализа текстовых данных. Сентимент-анализ, изначально применявшийся для обработки пользовательских отзывов, в настоящее время активно используется для исследования общественного мнения и социальных процессов [1; 2]. Современные подходы, основанные на трансформерных моделях, демонстрируют высокую эффективность при анализе контекстно-зависимых текстов [3; 4]. Несмотря на это, применение таких методов для анализа цифрового образа конкретных регионов остаётся ограниченным, что определяет актуальность настоящего исследования. В то же время работы в смежных областях подтверждают значимость учёта общественного мнения при анализе социально-экономического развития [5].

В рамках исследования для анализа эмоциональной окраски цифрового образа Нижегородской области использовались публикации региональных Telegram-каналов за период с апреля 2024 года по декабрь 2025 года, общий объём которых превысил 10 тысяч сообщений. Для решения задачи классификации применялась предобученная трансформерная модель DeepPavlov/rubert-base-cased-sentence, дообученная на русскоязычном корпусе текстов

для трёхклассовой классификации эмоциональной окраски (нейтральной, позитивной и негативной). На этапе подготовки данные очищались от шумовых элементов, после чего тексты подавались на вход модели. Результаты классификации агрегировались и нормализовались по временным интервалам, что позволило анализировать динамику эмоционального фона региона.

Проведённый анализ показал, что на протяжении всего исследуемого периода доминирует негативная эмоциональная окраска, что отражает специфику региональной информационной повестки. При этом были обнаружены сезонные колебания: в конце календарного года наблюдается рост доли позитивных публикаций и снижение негативных. Стоит отметить, что различные Telegram-каналы вносят разнонаправленный вклад в формирование эмоционального фона, при этом отсутствует единый доминирующий источник, способный существенно изменить общую динамику оценки. Это позволяет рассматривать цифровой образ региона как устойчивую систему, формируемую совокупностью информационных потоков.

Таким образом, результаты исследования демонстрируют возможность применения методов обработки естественного языка для анализа общественных настроений и оценки цифрового образа региона. Полученные выводы подтверждают динамичный характер эмоционального фона и необходимость учёта временных факторов при интерпретации результатов. Несмотря на ограничения, связанные с отсутствием ручной валидации классификации, дальнейшие исследования могут быть направлены на расширение выборки данных, сравнение различных моделей и применение мультимодальных подходов для более глубокого анализа цифрового образа регионов.

Библиографический список

1. Сентимент-анализ как инструмент исследования текстов // Вестник современных исследований. – 2021. – № 6. – С. 112–118.
2. Методологический потенциал сентимент-анализа: корпусный аспект // Филологические науки. Вопросы теории и практики. – 2020. – № 9. – С. 83–90.
3. Рудакова, П. А. Определение уровня удовлетворённости клиента в call-центрах / П. А. Рудакова, Т. А. Семёнов, А. А. Сычугов, В. В. Котов // Известия Тульского государственного университета. Техническиенауки. – 2024. – Вып. 10. – С. 346–347.
4. Catelli, R. Lexicon-Based vs. BERT-Based Sentiment Analysis: A Comparative Study in Italian / R. Catelli, S. Pelosi, M. Esposito // Electronics. – 2022. – Vol. 11, No. 3. – Article 374. – DOI: https://doi.org/10.3390/electronics11030374
5. Катаева, Л. Ю. Аналитика данных и человеческий капитал в контексте инновационной политики / Л. Ю. Катаева, Д. А. Масленников // Экономическая безопасность России: проблемы и перспективы: материалы XIII Международной научно-практической конференции. – Нижний Новгород: НГТУ им. Р. Е. Алексеева, 2025. – С. 65–70.

УДК 338.2

СОКОЛОВ М.В.

ТЕОРИЯ ИГР КАК ИНСТРУМЕНТ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ АТОМНЫХ ПРОЕКТОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Устойчивое развитие проектов в атомной отрасли зависит не только от технологий и финансирования, но и от взаимодействия ключевых сторон: государственных заказчиков, инвесторов, регуляторов и местных сообществ. Их интересы часто противоречат друг другу. Традиционные системы оценки устойчивого развития (ESG, GRI) фиксируют текущее со-

стояние, но не позволяют прогнозировать, как поведение участников повлияет на итоговую устойчивость проекта [1].

В работе предлагается использовать теорию игр для анализа этих противоречий. Этот метод позволяет формализовать стратегии каждой стороны и найти условия, при которых сотрудничество становится выгоднее конфликта [2]. В качестве примера рассмотрено взаимодействие между эксплуатирующей организацией и регулятором. Показано, что без внешних механизмов контроля система тяготеет к состоянию с низким уровнем безопасности. Введение системы штрафов и независимого надзора смещает равновесие в сторону более устойчивого состояния.

Особую ценность предложенный подход имеет для управления портфелем проектов. Возможность количественно оценить, как изменение стратегии одного из стейкхолдеров влияет на итоговую устойчивость, позволяет менеджерам принимать более обоснованные решения на ранних стадиях. Это особенно актуально для международных проектов, где разница в культурных, правовых и экологических ожиданиях может достигать критических значений [1].

Разработанная методология синтезирует теорию игр с системой показателей Целей устойчивого развития (ЦУР). Это позволяет не только оценивать текущий уровень устойчивости, но и прогнозировать последствия управленческих решений. Апробация на примере международных проектов ГК «Росатом» подтвердила работоспособность подхода: раннее выявление зон потенциальных конфликтов помогает снизить риски задержек и дополнительных издержек.

Таким образом, теория игр может стать практическим инструментом стратегического управления устойчивостью, помогая находить баланс между интересами всех сторон.

Библиографический список

1. Юрлов Ф.Ф., Плеханова А.Ф., Яшин С.Н., Леонтьев Н.Я., Маркитанов М.Ю. Выбор эффективных решений в экономике на основе теории игр. – Нижний Новгород: ООО «Печатная Мастерская РАДОНЕЖ», 2022. – 206 с.
2. Freeman R.E. Strategic Management: A Stakeholder Approach. – Boston: Pitman, 1984. – 276 p.

УДК 346.5

УСАЧЕВ И. И., ДАБАГЯН А.А.

ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МАЛОГО И СРЕДНЕГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА: ПРОБЛЕМЫ И НОВЕЛЛЫ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В условиях реализации политики технологического суверенитета малое и среднее предпринимательство (МСП) выступает драйвером внедрения инноваций благодаря гибкости и адаптивности. Однако правовое поле, регулирующее инновационную активность МСП, характеризуется фрагментарностью и отставанием от реальных потребностей бизнеса. Актуальность темы обусловлена необходимостью выявления системных правовых барьеров, препятствующих коммерциализации разработок и переходу экономики на инновационную модель.

Ключевой проблемой является правовая неопределенность в сфере оборота и охраны интеллектуальной собственности (ИС) – основного актива технологического предпринимателя. Несмотря на действие Федеральных законов № 209-ФЗ «О развитии малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации» и № 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике», практика применения норм Гражданского кодекса в части

регулирования служебных результатов интеллектуальной деятельности (РИД) и механизмов налогового стимулирования НИОКР признается неэффективной. Как отмечается в аналитических материалах Роспатента, действующие нормы часто не соответствуют текущему уровню технологического развития [1].

Вместе с тем, в 2023–2025 гг. наметилась позитивная тенденция к системной донастройке законодательства. Принятие Федерального закона № 478-ФЗ «О развитии технологических компаний в РФ» создало правовую основу для поддержки малых технологических компаний (МТК). Важными новеллами стали: внедрение механизма кредитования под залог интеллектуальных прав (выдано кредитов на сумму свыше 1,7 млрд рублей), расширение действия регионального режима «патентной коробки» и введение с 2025 года повышающего коэффициента 2 к расходам на НИОКР для МТК при исчислении налога на прибыль [2].

Таким образом, правовое регулирование инноваций в МСП находится в стадии активной трансформации. Дальнейшее совершенствование должно быть направлено на устранение правовой неопределенности в обороте РИД и расширение практики применения стимулирующих правовых механизмов, что позволит в полной мере реализовать научно-технический потенциал малого бизнеса.

Библиографический список

1. Калинин, В.В. О совершенствовании правового регулирования в сфере интеллектуальной собственности / В.В. Калинин // ИС. Промышленная собственность. – 2024. – № 3. – С. 5–11.
2. Зинов, В.Г. Инновационное развитие компании: управление интеллектуальными ресурсами: учебное пособие / В.Г. Зинов, Т.Я. Лебедева. – М.: Дело, 2023. – 248 с. – ISBN 978-5-85006-489-1.

УДК 339.138

ФЕДОСКИНА А.А.

ПРАВОВОЙ ГИД ПО МАРКИРОВКЕ ИНТЕРНЕТ-РЕКЛАМЫ И РАБОТЕ С ЕРИР В 2026 ГОДУ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

К 2026 году российский рекламный рынок адаптировался к новой реальности прозрачности. Многочисленные изменения в ФЗ «О рекламе» [1] превратили процесс взаимодействия с ЕРИР (Единым реестром интернет-рекламы) в зону высокого юридического риска для компаний, пренебрегающих правилами. Сегодня системы автоматического мониторинга Роскомнадзора мгновенно выявляют немаркированные креативы, а штрафы за нарушение ст. 18.1 ФЗ «О рекламе» стали весомой статьей расходов для невнимательного бизнеса.

Главная трудность заключается не в самом факте существования закона, а в сложности его соблюдения на стыке различных форматов контента. В 2026 году становится всё сложнее отличить информационный пост о товаре от рекламного объявления, так как универсальной классификации до сих пор не существует. Ошибка при определении типа контента ведет к игнорированию маркировки там, где она необходима. Это влечет за собой административную ответственность по статье 14.3 КоАП РФ «Нарушение законодательства о рекламе» [2]. Согласно актуальным поправкам, штрафы за отсутствие маркировки или ошибки в отчетности для юридических лиц в 2026 году достигают 700 000 рублей за каждый эпизод. Дополнительно владельцы бизнеса часто сталкиваются с технологическими сложностями. Каждую единицу контента необходимо регистрировать в ОРД (Операторе рекламных данных), получать токен (erid) и ежемесячно подавать отчеты о фактических показах (аллокация бюджета).

Минимизировать риски можно только при соблюдении строгого юридического протокола, опирающегося на ст. 18.1 ФЗ «О рекламе» [1]. Важно учитывать, что любой контент, который привлекает внимание к товару и продвигает его на рынке, признается рекламой. До момента публикации креатив должен быть загружен в ОРД. Система генерирует уникальный цифровой код – erid (токен). В 2026 году наличие токена считается единственным доказательством легальности размещения. Закон требует, чтобы маркировка была доступна для прочтения без специальных средств. На каждом креативе должна присутствовать обязательная пометка: слово «Реклама»; информация о рекламодателе; идентификатор erid. В течение 30 дней после отчетного месяца все участники цепочки обязаны подать в ОРД данные об актах и фактических показах.

Ключевым аспектом безопасности в 2026 году является грамотное составление договора. Чтобы не нести ответственность за чужие ошибки, важно включать в контракт пункты о регрессном (обратном) возмещении штрафов, а также четко распределять обязанности между участниками.

В 2026 году «цифровой след» рекламы стал неизбежным фактом. Единственное решение проблемы правовой сложности – переход от разовых размещений к системному менеджменту рекламных данных.

Библиографический список

1. Федеральный закон от 13.03.2006 г. № 38-ФЗ «О Рекламе» - Редакция от 27.10.2025. – Режим доступа: http://www.kremlin.ru/acts/bank/23532/page/1 (Дата обращения 06.04.2026)
2. Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях (редакция от 01.03.2025). – Режим доступа: https://school2ui.gosuslugi.ru/netcat_files/33/44/Administrativnyy_kodex_Rosiyskoy_Federatsii.pdf (Дата обращения 06.04.2026)

УДК 339.138

ФЕДОСКИНА А.А.

ИИ И АВТОРСКОЕ ПРАВО: ЮРИДИЧЕСКИЕ РИСКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕЙРОСЕТЕЙ В СОЗДАНИИ РЕКЛАМНОГО КОНТЕНТА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

К 2026 году сложно представить современную компанию, не использующую искусственный интеллект (ИИ) в своей работе. Для рекламной индустрии развитие генеративного ИИ стало прорывом, предоставив множество инструментов для мгновенной генерации мультимедийного контента. По информации на апрель 2026 года, с помощью ИИ-ассистентов создаётся около 20–30% всего контента в интернете, и эта доля продолжает расти. В связи с этим возникает острый вопрос: кому же принадлежат авторские права на данные изображения? Ведь использование нейросетей без чёткого понимания основ авторского права может привести к многомиллионным искам и блокировке рекламных кампаний.

Согласно статье 1257 Гражданского кодекса Российской Федерации (ГК РФ), автором произведения может быть только гражданин (человек), творческим трудом которого оно создано [1]. Поскольку нейросеть не является субъектом права, она не может считаться автором сгенерированного изображения. Это порождает «правовой вакуум»: изображения, созданные с использованием искусственного интеллекта (например, в Midjourney, Kandinsky или ChatGPT) с точки зрения закона могут рассматриваться как объекты, не имеющие автора, а значит, не подлежащие защите авторским правом.

Именно здесь владельцы бизнеса могут столкнуться с рядом определённых рисков, способных привести к значительным потерям для компании. Во-первых, у рекламодателей отсутствуют исключительные права на сгенерированный фото- и видеоконтент. Это означает, что они не могут запретить конкурентам использовать те же самые изображения для продвижения своих товаров или услуг, поскольку не являются полноправными правообладателями. Во-вторых, многие нейросети в своих правилах использования (TermsofService) указывают, что полноценные права на сгенерированный контент могут перейти пользователю только после приобретения платной подписки. Использование изображений, созданных в бесплатной или пробной версии, в коммерческих целях является прямым нарушением условий договора с разработчиком нейросети.

Для закрепления прав на такой контент необходимо доказать «существенный творческий вклад» человека. Это может быть глубокая доработка нейросетевого исходника в графических редакторах, использование сложных комбинированных промптов или создание коллажей. В договорах с дизайнерами и контент-мейкерами следует чётко прописывать, что ИИ использовался лишь как вспомогательный инструмент, а финальный результат является продуктом именно творческого труда специалиста.

ИИ – это мощный инструмент, но в текущих правовых реалиях он требует режима «ручного управления» со стороны юристов и строгого соблюдения базовых норм четвёртой части Гражданского кодекса РФ [2], регулирующей вопросы интеллектуальной собственности.

Библиографический список

1. ГК РФ Статья 1257. Автор произведения \ КонсультантПлюс. – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64629 (Дата обращения 04.04.2026)
2. Гражданский кодекс Российской Федерации часть 4 (ГК РФ ч.4) \ КонсультантПлюс. – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64629/ (Дата обращения 04.04.2026)

СЕКЦИЯ 12
УПРАВЛЕНИЕ КОММУНИКАЦИЯМИ В РЕАЛЬНОМ СЕКТОРЕ ЭКОНОМИКЕ

УДК 339.138

АНДРЮХИНА О.А.

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ РЕКЛАМНЫХ СТРАТЕГИЙ В УСЛОВИЯХ ИННОВАЦИОННОЙ ЭКОНОМИКИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Цифровая трансформация экономики и социальной сферы требует пересмотра традиционных подходов к продвижению компании. Особое место в этом процессе занимают социальные сети, которые стали ключевым инструментом формирования эффективных рекламных стратегий. В условиях современной экономики, где потребитель становится более информированным и требовательным, социальные платформы обеспечивают точный таргетинг, персонализацию и прямую коммуникацию с аудиторией.

Современная экономика характеризуется высокой динамичностью, глобализацией и активным внедрением информационных технологий. В этих условиях традиционные методы рекламы, ориентированные на массовое вещание, утрачивают эффективность. Социальные сети, изначально созданные как развлекательные платформы, сегодня играют ключевую роль в формировании и реализации рекламных стратегий, становясь неотъемлемой частью инновационного менеджмента организаций.

1. Точный таргетинг и персонализация. Социальные сети позволяют сегментировать аудиторию по демографическим, географическим и поведенческим признакам, что обеспечивает демонстрацию рекламных сообщений только заинтересованным пользователям. Это значительно повышает эффективность рекламных кампаний и возвращаемость инвестиций (ROI).

2. Прямая коммуникация и обратная связь. Платформы социальных сетей стирают барьеры между брендом и потребителем, предоставляя возможность оперативно взаимодействовать с аудиторией: отвечать на вопросы, обрабатывать жалобы, собирать отзывы. Это укрепляет доверие к бренду и позволяет получать ценные данные для улучшения продукта.

3. Формирование бренда и сообщества. Реклама в социальных сетях направлена не только на продажу, но и на создание сильного бренда и лояльного сообщества. Регулярный и качественный контент (посты, видео, статьи) способствует информированию, развлечению и обучению аудитории, превращая её в адвокатов бренда.

4. Экономическая эффективность и доступность. Для малого и среднего бизнеса социальные сети являются доступным и бюджетным инструментом продвижения. Стоимость клика или показа ниже, чем в традиционных медиа, а гибкие настройки позволяют управлять бюджетом в реальном времени.

5. Роль больших данных и искусственного интеллекта. Цифровая трансформация рекламных стратегий невозможна без использования технологий BigData и AI. Анализ больших массивов пользовательских данных позволяет прогнозировать потребительское поведение, выявлять скрытые закономерности и автоматизировать принятие решений. Искусственный интеллект, в свою очередь, оптимизирует размещение рекламы в реальном времени (real-timebidding), создаёт динамические креативы, адаптирующиеся под конкретного пользовате-

ля, и обеспечивает предиктивную персонализацию. Такой подход не только повышает релевантность рекламных сообщений, но и снижает когнитивную нагрузку на аудиторию, что особенно важно в условиях перегруженности информационного поля.

6. Вызовы и этические аспекты цифровой рекламы. Параллельно с ростом возможностей возникают и новые риски. Проблема защиты персональных данных, распространение фейковой информации, алгоритмическая предвзятость и снижение доверия к рекламе требуют от компаний внедрения этичных и прозрачных практик. Ужесточение законодательства (например, GDPR в Европе и аналогичные законы в РФ) заставляет маркетологов пересматривать методы сбора и обработки данных. Кроме того, растущая популярность блокировщиков рекламы и «информационных пузырей» снижает охват традиционных форматов. В этих условиях успешная рекламная стратегия должна сочетать технологическую эффективность с соблюдением норм цифрового этикета и уважением к приватности пользователя.

7. Измерение эффективности и сквозная аналитика. Цифровая трансформация невозможна без перехода от интуитивных оценок к data-driven подходам. Современные рекламные стратегии опираются на ключевые показатели: от базовых (охват, кликабельность, цена за лид) до более сложных (LTV клиента, ROMI, вовлечённость). Особое значение приобретает сквозная аналитика, связывающая рекламный показ с реальной продажей через несколько касаний с брендом. Это позволяет отказаться от устаревшей модели атрибуции по последнему клику и справедливо распределять бюджет между разными каналами – таргетированной рекламой, поиском, e-mail-рассылками и блогерами. На практике компании внедряют CRM-системы и пиксели соцсетей, чтобы отслеживать путь пользователя от первого знакомства до повторной покупки. Без такой измерительной инфраструктуры даже самые креативные кампании остаются «чёрным ящиком», а бюджеты – неоправданными.

8. Пользовательский контент как двигатель доверия. Параллельно с профессиональными рекламными постами всё большую роль играет контент, созданный самими потребителями. Отзывы, фото с распаковкой, видеообзоры и посты в соцсетях от реальных людей часто воспринимаются аудиторией как более честные, чем официальная реклама. Бренды, которые грамотно стимулируют появление такого UGC (user-generatedcontent) – через конкурсы, репосты, бонусы за отзывы или просто искренний диалог – получают двойную выгоду. Во-первых, они экономят на производстве контента. Во-вторых, повышают конверсию: исследования подтверждают, что пользователи охотнее покупают товар, если видят, что его уже купили и одобрили «такие же, как они». В инновационной экономике, где перенасыщение рекламой привело к «баннерной слепоте», UGC становится тем самым человеческим лицом бренда, которое возвращает доверие и лояльность.

Цифровая трансформация рекламных стратегий в условиях инновационной экономики требует стратегического подхода, постоянного анализа и гибкости. Социальные сети, как центральный элемент маркетингового комплекса, обеспечивают не только эффективное продвижение продуктов, но и необходимость модернизации управленческих процессов. Успешное использование социальных сетей способствует устойчивому развитию организаций в динамичном экономическом ландшафте.

Библиографический список

1. Хачатурян М.В. Особенности цифровой трансформации управления инновационной деятельностью компаний // Креативная экономика. – 2022. – № 2. – С. 1–12.
2. Васяйчева В.А. Моделирование цифровой платформы управления инновационной деятельностью предприятия // Вестник Пермского университета. Серия «Экономика». – 2023. – Т. 18, № 1. – С. 93–106.
3. Янченко Е.В. Инновационная деятельность предприятий в условиях цифровизации экономики // Информатизация в цифровой экономике. – 2023. – № 3. – С. 45–58.

УДК 659

БАГУРИНА С.Н.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ИНТЕРНЕТ-ПРОДВИЖЕНИЯ ГОСТИНИЧНЫХ УСЛУГ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В условиях стремительного развития цифровых технологий и роста конкуренции на рынке гостиничных услуг, эффективное и грамотное интернет-продвижение становится неотъемлемым фактором успеха для любого отеля. Современные гости часто предпочитают выбирать и бронировать себе номера онлайн, ориентируясь на рейтинги, отзывы и удобство взаимодействия с гостиницей через цифровые каналы (сайт, социальные сети и прочее).

На текущий момент гостиничный бизнес невозможно представить без активного присутствия в Интернете. По данным отраслевых исследований, более 60% путешественников начинают поиск отелей и информации о них с онлайн-ресурсов, а около 70% бронирований совершается через мобильные устройства [4]. Всё это связано с изменением потребительского поведения. Сейчас люди больше ценят скорость, удобство, а также возможность сравнить предложения и цены разных гостиниц в одном месте. В связи с этим, гостиничным предприятиям необходимо постоянно развивать и совершенствовать свою систему интернет-продвижения. Это позволит им оставаться конкурентоспособными и удерживать клиентов.

Современная система продвижения гостиничных услуг в Интернете включает в себя несколько ключевых инструментов [3, с. 120]:

1. Официальный сайт отеля – базовый инструмент онлайн-присутствия отеля и его визитная карточка. Он должен быть не только визуально красивым, но и функциональным: с быстрой загрузкой, адаптивным дизайном, удобной навигацией и формой бронирования. Так как сайт выполняет функции виртуального офиса продаж и информационного центра.
2. SEO-продвижение – это оптимизация сайта гостиничного предприятия для повышения видимости и улучшения его позиций в поисковых системах (Яндекс, Google и др.). При правильной оптимизации сайт стабильно занимает высокие позиции по запросам вроде «отель в центре города» или «гостиница рядом с Московским вокзалом».
3. Социальные сети и контент-маркетинг. «ВКонтакте» и другие платформы предназначены не только для визуального контента и информирования о новостях и акциях. Они также помогают установить эмоциональную связь с аудиторией через полезный и интересный контент. Это могут быть статьи, истории гостей, прямые эфиры и т.д. Регулярные посты помогают поддерживать интерес к отелю и увеличивать вовлечённость аудитории.
4. Контекстная и таргетированная реклама. Правильная настройка такой рекламы позволяет точечно воздействовать на целевую аудиторию. Размещение объявлений в поисковых системах и на тематических сайтах помогает привлекать потенциальных клиентов.
5. Email-маркетинг – рассылки новостей, поздравлений и специальных предложений через электронную почту помогают поддерживать контакт с существующими клиентами и информировать их о новых услугах.
6. Системы онлайн-бронирования (OTA). Работа с ними обеспечивает отелям доступ к широкой аудитории и позволяет оперативно привлекать клиентов. Примеры OTA: Яндекс Путешествия, 101Hotels.com, Ostrovok.ru и другие.
7. Управление репутацией (ORM) и работа с отзывами. Оперативное реагирование на любые комментарии, предложение решений проблем и проявление заботы к гостям.

Стоит отметить, что развитие цифровых технологий не стоит на месте, и гостиничная индустрия активно внедряет новые инструменты для повышения эффективности продвижения. Среди современных тенденций продвижения гостиничного бизнеса в сети Интернет можно выделить [2, с. 744]: персонализацию контента; виртуальную и дополненную реальность (VR и AR) для презентации отеля и его номеров; применение искусственного интел-

лекта и чат-ботов для поддержки гостей 24/7; интеграцию с голосовыми помощниками; мобильную оптимизацию; разработку фирменных мобильных приложений для отелей и т.д.

Таким образом, совершенствование системы интернет-продвижения гостиничных услуг – это постоянный процесс адаптации к быстро меняющимся условиям рынка, новым технологиям и потребностям своих гостей. В эпоху цифровых технологий отель, который не уделяет должного внимания онлайн-продвижению, рискует утратить конкурентоспособность и значительную долю клиентов. Следует подчеркнуть, что продвижение отеля в сети Интернет требует комплексного подхода и использования различных каналов коммуникации. Только так можно добиться максимального эффекта и обеспечить устойчивый рост числа гостей. Важно помнить, что для достижения успеха нужно постоянно анализировать рынок, изучать поведение пользователей и адаптировать свою стратегию продвижения в соответствии с изменяющимися тенденциями [1, с. 235]. Можно сделать вывод, что на данный момент успешное и правильное продвижение в Интернете – это уже не просто преимущество, а необходимость для выживания и роста в условиях жёсткой конкуренции.

Библиографический список

1. Баумгартен, Л.В. Основы маркетинга гостиничных услуг: учебник для среднего и высшего профессионального образования / Л. В. Баумгартен. – Москва: Юрайт, 2026. – 339 с.
2. Зуева, Т.З.Использование цифровых технологий для продвижения гостиничных услуг в отелях разных категорий / Т. З. Зуева // Международный научный журнал «Вестник науки». – 2025. – № 9 (90), том 4. – С. 741-748.[Электронный ресурс]. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-tsifrovyh-tehnologiy-dlya-prodvizheniya-gostinichnyh-uslug-v-otelyah-raznyh-kategoriy Дата обращения: 14.04.2026.
3. Кирпичева, А.В. Инструменты продвижения в интернет-среде на рынке гостиничного бизнеса / А. В. Кирпичева. // Молодой ученый. – 2022. – № 49 (444). – С. 119-121. [Электронный ресурс]. – URL: https://moluch.ru/archive/444/97397/ Дата обращения: 15.04.2026.
4. Продвижение отеля в Интернете: пошаговое руководство / RussPass.[Электронный ресурс] – Режим доступа: https://mag.russpass.ru/business/rubric/biznes/prodvizhenie-otelya-v-internete?ysclid=mmm3w983uz345859718. Дата обращения: 13.04.2026.

УДК 339.138

БЫКОВА В.А.

РАЗРАБОТКА МАРКЕТИНГОВОЙ СТРАТЕГИИ В ПЕРИОД ЭКОНОМИЧЕСКОГО КРИЗИСА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В период экономического кризиса происходит снижение дохода населения, увеличение безработицы и сокращение социальных льгот, ухудшение финансового состояния государства, сокращается финансирование социальных программ и инфраструктурных проектов. [5, с. 6]. Необходимо разрабатывать маркетинговую стратегию с учетом реалий, возможных каналов продвижения и т.д.

Адаптация комплекса маркетинговых коммуникаций 4P (Product - продукт, Price - цена, Place - место и Promotion – продвижение) в условиях нестабильности: гибкостьискорость, быстрое тестирование гипотез, поиск новых каналов продвижения; прозрачностьичестность с клиентами; фокуснаценности; эмпатия, понимание новых болей и страхов потребителя.

При разработке маркетинговой стратегии необходимо учитывать возможности воздействия на покупателя и целей компании по воронке продаж посредством Brandformance и Performance рекламы:

1. Цифровой маркетинг: контекстная реклама, таргетированная реклама, SEO, контент-маркетинг, email-маркетинг, контекст-маркетинг, классифайды, геосервисы, маркетплейсы, реклама у блогеров, инфлюенсеров, посевы.

2.PR (пиар) и работа с репутацией. Для формирования и укрепления имиджа компании используются инструменты: усиление коммуникации, прозрачность, социальная ответственность.

3. Стимулирование сбыта (SalesPromotion). Предложения, программы лояльности, бесплатные образцы/тесты ограниченные по времени.

4. Партнерские программы и кросс-продвижение. Компании-партнеры объединяют маркетинговые ресурсы (деньги, экспертизу, аудиторию) для создания нового продукта, рекламных кампаний или проведения совместных акций. При этом компании снижают затраты, охватывают релевантную аудиторию, снижение стоимости уникального пользователя (CAC), получают прибыль.

5. Использование UGC-площадок (социальное доказательство).

Требуется регулярный анализ, контроль и оптимизационные меры для снижения расходов и получения максимальной прибыли, для этого компании используют различные метрики – CAC, LTV, ROI (окупаемость инвестиций), ROMI (окупаемость инвестиций в маркетинг), ROAS (окупаемость инвестиций в рекламу), ДРР (доля рекламных расходов) и прочие.

Увеличение бюджетов на продвижение с помощью digital-каналов. Тренд на цифровизацию рекламных бюджетов значительно ускорился.

Маркетинговая стратегия должна строиться на трех китах: удержании текущих клиентов, строгой измеримости результатов для оправдания каждого рубля затрат и гибком использовании эффективных digital-каналов.

Библиографический список

1. КадыровИ.В., ЯнгироваЕ.И. Маркетинговые стратегии в условиях экономической неопределенности и кризисов: адаптивные подходы и успешные кейсы. / И.В. Кадыров, Е.И. Янгирова– Тольятти: Международный научный журнал «Вестник науки» №12 (81) Том 2., 2024 – с.226–232. Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/marketingovye-strategii-v-usloviyah-ekonomicheskoy-neopredelennosti-i-krizisov-adaptivnye-podhody-i-uspeshnye-keysy/viewerДата обращения: 05.11.2025 г.
2. Котлер Ф. Маркетинг 6.0. Будущее за иммерсивностью, слиянием цифрового и физического миров / Ф. Котлер, СетиаванАйвен, КарталджайаХермаван; перевод с английского В.Г. Шереметьевой – Москва.: Эксмо, 2024. – 240с.
3. Чернова М.Г. Изменения потребительских предпочтений россиян в условиях экономических санкций / Чернова М.Г. // Наука XXI века: актуальные направления развития. М.: – 2016. - №1. С. 592-594.
4. Экономия и выбор: как россияне совмещают онлайн-удобство и офлайн-уникальность – новое исследование Б1 // Telegram-канал Б1. – 2025. // Режим доступа: https://t.me/s/b1_news/2975Дата обращения: 10.11.2025 г.

УДК 659.1

ДЫДЫКИНА А.А.

РОЛЬ УНИКАЛЬНОГО ТОРГОВОГО ПРЕДЛОЖЕНИЯ В ПРОДВИЖЕНИИ АГРОТУРИСТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ЭКО-ФЕРМА «ИВАНОВСКОЕ»

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Современный рынок агротуризма в России демонстрирует стремительный рост [1]. В этих условиях продвижение должно не только информировать, но и формировать уникаль-

ное торговое предложение, основанное на ценностях устойчивого развития и аутентичности. Нижегородская область, являясь одним из лидеров в реализации грантовых программ поддержки агротуризма. В регионе успешно реализуются разнообразные проекты – от сыроварен и эко-ферм до этнографических комплексов. Эко-ферма «Ивановское» сочетает сельскохозяйственное производство с туристической деятельностью. Хозяйство было основано в конце 2017 года в Борском районе Нижегородской области. Первоначально ферма была ориентирована на разведение благородного оленя и алтайского марала, а в феврале 2025 года вышла на новый этап развития, представив комплексную модель посещения, включающую экскурсионную программу и возможность приобретения фермерской продукции [2].

Уникальное торговое предложение эко-фермы «Ивановское» базируется на единственной в регионе возможности контактного общения с благородными оленями и алтайскими маралами, а также приобретения продукции из пантов. Маркетинговая деятельность Эко-фермы «Ивановское» сочетает традиционные и современные цифровые инструменты. Основными методами продвижения являются социальные сети: ВКонтакте – регулярные публикации с фотографиями животных, информацией о продукции и анонсами мероприятий; телеграм-канал – используется в большей степени для оперативного информирования подписчиков о специальных предложениях и событиях. Контент-стратегия делает упор на визуальную привлекательность и эмоциональную составляющую, с регулярными публикациями 3-5 раз в неделю. Это ключевой инструмент дифференциации от конкурентов и визуального позиционирования. Собственный сайт используется для описания услуг, контактов, знакомства с правилами посещения [3].

Однако есть ряд моментов, которые ограничивают текущую эффективность продвижения. Потенциал сайта для привлечения бронирований раскрыт не в полной мере. В соцсетях преобладают посты о кормлении животных и кафе, а информация о пантовой продукции появляется эпизодически, без привязки к доказательной базе или выгоде для клиента. Пока не выстроена отдельная коммуникационная линия «панты = здоровье + долголетие», как это сделано у конкурентов. Кроме того, отсутствуют таргетированные кампании на аудиторию 35+, интересующуюся ЗОЖ и народной медициной [4].

Текущее уникальное торговое предложение фермы является сильным, но невербализованным. Для его усиления предлагается: 1) выделить в контент-плане отдельную рубрику «Пантовая аптека» с научно-популярными объяснениями свойств; 2) запустить в Яндекс.Директе отдельную кампанию по запросам «пантовый эликсир купить Нижний Новгород», «продукция из пантов от производителя».

Реализация этих мер позволит превратить уникальную ресурсную базу в осязаемое конкурентное преимущество, увеличив поток целевых посетителей не менее чем на 20-25% за счет платежеспособной нишевой аудитории.

Библиографический список

1. Агротуризм в России набирает популярность – эксперты [Электронный ресурс] / SpecAgro. – 2025. – 21 окт. – Режим доступа: https://specagro.ru/news/202510/agroturizm-v-rossiinabiraet-populyarnost-eksperty (дата обращения 02.04.2026).
2. Сообщество «Эко-ферма Ивановское» в социальной сети «ВКонтакте» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://vk.com/deerfarm_nn (дата обращения 02.04.2026).
3. Официальный сайт эко-фермы «Ивановское» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.deer-farm.ru/ (дата обращения 02.04.2026).
4. Скобелева, Е. И. Управление рекламной коммуникацией как условие эффективного взаимодействия с целевыми аудиториями / Е. И. Скобелева, М. В. Прохорова, Н. В. Скобелева // Актуальные вопросы экономики, менеджмента и инноваций. – Нижний Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2020. – С. 99-102.

УДК 339.138

ЕВСЕЕВА М.С.

РОЛЬ SMM В ПРОДВИЖЕНИИ ПРЕДПРИЯТИЙ РЕАЛЬНОГО СЕКТОРА ЭКОНОМИКИ (НА ПРИМЕРЕ ЭКОФЕРМЫ «ИВАНОВСКОЕ»)

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Предприятия реального сектора экономики долгое время продвигались преимущественно через офлайн-каналы: наружную рекламу, рекомендации, участие в ярмарках и локальных мероприятиях. Однако изменение потребительского поведения привело к тому, что даже производственные, сельскохозяйственные и сервисные предприятия вынуждены выстраивать системную коммуникацию в цифровой среде. Одним из наиболее доступных инструментов такого взаимодействия стал SMM, то есть продвижение через социальные сети [1].

Для предприятий реального сектора SMM решает не только рекламные, но и коммуникационные задачи. Его функция заключается в том, чтобы регулярно показывать аудитории сам продукт, процесс его создания, сотрудников, инфраструктуру и события, связанные с деятельностью организации. В отличие от абстрактной рекламы, контент в социальных сетях позволяет сделать предприятие понятным и «видимым» для потенциального клиента. Особенно это актуально для аграрной сферы, где доверие напрямую связано с наглядностью, открытостью и эмоциональным восприятием хозяйства.

На практике продвижение фермы в социальных сетях строится вокруг нескольких типов контента. Во-первых, это визуальные материалы, показывающие территорию, животных и повседневную жизнь хозяйства: съемка оленей, коров, рабочих процессов, природной среды. Во-вторых, это мини-интервью с персоналом, включая доярок, поваров и других сотрудников. Такой формат делает коммуникацию менее формальной и показывает предприятие через конкретных людей, а не только через продукцию. В-третьих, важную роль играют анонсы мероприятий, проводимых на ферме, например, Масленицы, экскурсий, сезонных праздников и семейных программ. Подобные публикации позволяют привлекать новую аудиторию и повышать повторные визиты.

Отдельным направлением является продвижение агротуризма. В данном случае SMM используется не только для формирования интереса к самой ферме, но и для продажи сопутствующего опыта: отдыха, прогулок, посещения мероприятий, знакомства с животными и локальной продукцией. Через публикации в отечественных социальных сетях, в частности в ВК, предприятие решает сразу несколько задачам: информирует, вовлекает, напоминает и стимулирует посещение. Таким образом, социальные сети становятся не второстепенным каналом, а полноценным инструментом продвижения услуг и формирования устойчивого интереса к объекту.

Вместе с тем эффективность SMM в реальном секторе зависит не от самого факта присутствия в соцсетях, а от качества и регулярности работы. Бессистемные публикации, однотипные фотографии и отсутствие понятной логики контента не дают заметного результата. Для продвижения необходима постоянная съемка, планирование публикаций, работа с визуальной подачей, описание мероприятий, а также адаптация материалов под интересы аудитории [2]. Кроме того, предприятиям приходится учитывать ограниченность времени, кадров и ресурсов, поскольку производство и операционная деятельность для них остаются приоритетными. Следовательно, SMM в реальном секторе экономики представляет собой не просто дополнительный рекламный инструмент, а практический механизм управления коммуникациями с потребителями. Он позволяет показать деятельность предприятия изнутри, повысить доверие, привлечь внимание к мероприятиям и услугам, а также поддержать развитие новых направлений, включая агротуризм. Для сельскохозяйственных и других офлайн-предприятий

это особенно важно, поскольку цифровая коммуникация сегодня напрямую влияет на узнаваемость, посещаемость и конкурентоспособность организации.

Библиографический список

1. **Котлер, Ф.** Маркетинг менеджмент / Ф. Котлер. – СПб.: Питер, 2024. – 608 с.
2. **Чумиков А.Н.** Связи с общественностью : теория и практика: учеб. пособие / А. Н. Чумиков, М. П. Бочаров. – М.: Дело, 2004. – 495 с.

УДК 659.4

ЗВЕРКОВ М.А.

АНАЛИЗ ФОРМИРОВАНИЯ ЛИЧНОГО БРЕНДА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ (ГРАФИЧЕСКИЙ ДИЗАЙНЕР-ФРИЛАНСЕР)

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В современном цифровом пространстве деятельность дизайнера-фрилансера занимает важное место в системе визуальных коммуникаций. Услуги по созданию логотипов, баннеров, рекламных постеров и других графических материалов востребованы как среди крупных компаний, так и среди малого бизнеса, стартапов и личных брендов. Это обусловлено тем, что визуальная составляющая напрямую влияет на восприятие продукта, формирует первое впечатление и зачастую определяет успех продвижения. В условиях высокой конкуренции дизайнер-фрилансер выступает не просто как исполнитель, а как полноценный участник маркетингового процесса, влияющий на имидж заказчика.

Деятельность дизайнера-фрилансера строится на принципах самостоятельности, гибкости и проектного подхода. В отличие от штатного специалиста, фрилансер самостоятельно ищет клиентов, выстраивает коммуникацию, определяет стоимость услуг и управляет своим временем. Основные этапы работы включают анализ запроса клиента, разработку концепции, создание визуального решения и внесение правок. В процессе работы дизайнер должен учитывать не только эстетическую составляющую, но и маркетинговые задачи: целевую аудиторию, позиционирование бренда, особенности рынка. Таким образом, его деятельность носит междисциплинарный характер, объединяя элементы искусства, психологии и бизнеса.

Многолетний анализ рынка дизайна показывает устойчивую закономерность: специалисты с развитым личным брендом зарабатывают на 60–70% больше коллег с идентичными навыками, но неправильным позиционированием. Разница заключается не в таланте или удаче, а в различном подходе к самопрезентации и к созданию личного бренда. В условиях высокой конкуренции сильный бренд перестал быть опцией и превратился в профессиональный актив, который является таким же неотъемлемым качеством, как и профессиональные навыки.

Согласно исследованию Американского института графического дизайна, дизайнеры с четко артикулированным личным брендом получают на 43% больше рекомендаций и на 57% реже сталкиваются с вопросами о снижении стоимости услуг. Фундамент: от самоанализа к уникальности. Главная ошибка – копирование чужих стратегий. Основой бренда является жесткая честность в самооценке. Необходимо определить не просто сильные стороны, а сферу индивидуальной компетенции. Узкая специализация формирует выдающийся бренд, в то время как посредственность во всем создает посредственный образ. Итогом анализа должна стать четкая формула, отвечающая на вопросы: кто вы, для кого создаете ценность и в чем ваше уникальное преимущество.

Пошаговая система построения бренда:

1. Выявление Уникального Торгового Предложения: зафиксируйте нишу и уникальный подход. Позиционирование должно быть конкретным и узнаваемым.

2. Профессиональное присутствие в сети: создание портфолио и активности на профильных платформах. Важно не только показывать результат, но и демонстрировать процесс работы.

3. Единая коммуникативная направленность: коммуникация должна соответствовать визуальному стилю и аудитории. Неформальный для креативных проектов или деловой для корпоративного сектора.

4. Экспертный контент: Публикация статей, гайдов и вебинаров повышает авторитет и добавляет бренду образовательную ценность.

5. Визуальная консистентность: Собственный логотип, палитра и шрифты должны быть сквозными и узнаваемыми во всех каналах.

6. Нетворкинг и коллаборации: Участие в сообществах и совместные проекты расширяют охват и укрепляют репутацию.

Помимо прямого роста заработка и узнаваемости, развитый личный бренд решает стратегическую задачу выделения в условиях плотной конкуренции: когда рынок перенасыщен, клиент интуитивно тянется к тому, чьё имя и визуальный почерк уже знакомы.

Узнаваемость формирует аванс доверия – заказчик ещё до начала переговоров воспринимает дизайнера как авторитетного эксперта, что упрощает защиту цены и сокращает цикл продажи. Кроме того, наличие сформированного публичного имиджа ускоряет вертикальную карьерную мобильность: крупные компании и HR-специалисты целенаправленно отслеживают специалистов с упакованным профессиональным профилем, рассматривая их как готовый актив для найма на ключевые позиции. В конечном счёте все эти факторы – дифференциация, доверие и карьерные возможности – конвертируются в рост дохода как через увеличение потока заказов, так и через повышение базовой стоимости услуг.

Личный бренд – это стратегический актив, конвертирующий репутацию в рост дохода и профессиональную устойчивость. Инвестиции в его развитие закладывают фундамент для долгосрочного карьерного роста и увеличения доходности и узнаваемости дизайнера как эксперта.

Библиографический список

1. Личный бренд дизайнера: 7 стратегий для роста дохода на 70% [Электронный ресурс] – URL: https://sky.pro/wiki/python/ponimaem-funktsiyu-enumerate-v-python-na-primere-koda/ (дата обращения: 12.04.2026).
2. Христоскова С., Личный бренд графического дизайнера [Электронный ресурс]. – URL: https://vk.com/@stoyanagraphicdesigner-lichnyi-brend-graficheskogo-dizainera(дата обращения: 12.04.2026).
3. Ковалева, Как графическому дизайнеру выстроить личный бренд и как это влияет на доход [Электронный ресурс]. – URL: https://dzen.ru/a/ZuiF1KQkdAXiRf7I(дата обращения: 12.04.2026).
4. Сугак Д., Важность личного бренда для дизайнера. Нужно ли его развивать? [Электронный ресурс]. – URL: https://dzen.ru/a/ZDaivQsoJntydtjW (дата обращения: 12.04.2026).
5. Рябушенко А., Вихрева М., Графический дизайнер: чем занимается, какие навыки нужны и как им стать [Электронный ресурс]. – URL: https://practicum.yandex.ru/blog/graphic-designer/ (дата обращения: 12.04.2026).

УДК 659.9

ЗЕЛЕНОВА Е.М.

УПРАВЛЕНИЕ АНТИКРИЗИСНЫМИ КОММУНИКАЦИЯМИ В РЕАЛЬНОМ СЕКТОРЕ ЭКОНОМИКИ: СТРАТЕГИЯ УСТОЙЧИВОСТИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В условиях повышенной нестабильности внешней среды эффективное управление антикризисными коммуникациями становится критически важным для предприятий реального сектора экономики, включая промышленность, сельское хозяйство, строительство, транспорт и логистику. Специфика этих отраслей – жёсткая зависимость от цепочек поставок, высокая капиталоёмкость, длительные производственные циклы и социальная значимость – делает их особенно уязвимыми к кризисным ситуациям, таким как аварии, экологические инциденты, сбои поставок, забастовки, кибератаки и экономические шоки.

Ключевой принцип успешной антикризисной коммуникации – проактивность. Компании не должны ждать наступления кризиса, а готовиться к нему заранее. Это подразумевает разработку детальных кризисных коммуникационных планов с проработкой типовых сценариев и алгоритмов действий, создание резервных каналов связи (например, SMS-рассылки, офлайн-точки сбора информации, корпоративные мессенджеры) на случай отказа цифровых платформ, регулярное проведение тренингов и симуляций для сотрудников всех уровней – от линейного персонала до топ-менеджмента, включая обучение правилам общения с прессой и клиентами в кризисной ситуации, а также назначение и подготовку официальных спикеров для разных уровней коммуникации (руководитель цеха – для рабочих, PR-директор – для СМИ), чтобы избежать противоречивых заявлений.

Второй фундаментальный элемент – прозрачность. Замалчивание проблем или искажение информации лишь усугубляет кризис, провоцируя слухи и потерю доверия. Принципы прозрачной коммуникации включают своевременное информирование – первые 24 часа после инцидента критичны, поскольку задержка сообщений воспринимается как попытка скрыть правду, честность в оценке ситуации (если причины кризиса неизвестны, об этом нужно прямо заявить) и открытость к диалогу через создание горячих линий, онлайн-форумов или пресс-конференций для ответов на вопросы сотрудников, клиентов, СМИ и местных сообществ.

Третий ключевой элемент – скоординированное взаимодействие между всеми заинтересованными сторонами. Антикризисная коммуникация требует синхронизации усилий внутри компании – между HR, PR, юридическим отделом, службой безопасности и топ-менеджментом (например, HR информирует сотрудников о мерах поддержки, а PR транслирует эту информацию вовне), с внешними партнёрами – поставщиками, логистическими компаниями, банками, страховыми агентами, с госорганами – МЧС, Росприроднадзором, Роспотребнадзором и другими регуляторами, а также со СМИ и общественностью для формирования единой, согласованной позиции и предотвращения разночтений.

Реализация этих принципов приносит конкретные результаты. Это минимизация репутационных рисков – своевременное и честное информирование снижает отток клиентов и сохраняет лояльность партнёров, поддержание доверия стейкхолдеров – сотрудников, инвесторов, местных сообществ – за счёт демонстрации ответственности и контроля над ситуацией, ускорение восстановления бизнес-процессов благодаря скоординированным действиям, позволяющим быстрее локализовать проблему и вернуться к нормальной работе, а также снижение операционных и финансовых потерь за счёт предотвращения эскалации кризиса и паники среди персонала и клиентов.

Таким образом, эффективное управление антикризисными коммуникациями в реальном секторе экономики – это не просто инструмент реагирования на проблемы, а стратегическая система превентивных мер. Заблаговременное планирование, прозрачность информации

и чёткая координация между всеми заинтересованными сторонами позволяют компаниям минимизировать последствия кризисов, сохранять устойчивость бизнеса и поддерживать долгосрочные отношения с ключевыми стейкхолдерами.

Библиографический список

1. Блажнов Е. А. Антикризисные коммуникации: стратегии, сценарии, технологии. – СПб.: Питер, 2020. – С. 45–67, 112–130, 205–220.
2. Coombs W. T. Постоянные кризисные коммуникации: планирование, управление и реагирование. 5-е изд. – SagePublications, 2021. – С. 78–95, 142–160, 288–305.
3. Чумиков А. Н., Бочаров М. П. Связи с общественностью: теория и практика. – М.: Дело, 2022. – С. 210–235, 340–365, 480–495.

УДК 659.1

ЗОНОВА Е.П.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ИНСТРУМЕНТОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СФЕРЕ БИЗНЕСА И ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Современный этап развития мировой экономики характеризуется тотальной цифровизацией, где ключевым фактором конкурентоспособности предприятий становится внедрение искусственного интеллекта (ИИ). Инновационные технологии позволяют автоматизировать рутинные процессы, минимизировать влияние человеческого фактора и обеспечивать глубокую аналитику данных в реальном времени [1, с. 143].

Основными направлениями применения ИИ в бизнесе являются прогнозная аналитика, роботизация процессов и использование генеративных моделей. Математическая оценка эффективности внедрения ИИ-решений в операционную деятельность может быть представлена через коэффициент возврата инвестиций (ROI):

$$ROI=((G-C)\div C)\times 100\%$$

где G – финансовая выгода от внедрения технологии; C – затраты на разработку и интеграцию системы. Динамика внедрения ИИ в предпринимательском секторе демонстрирует устойчивый рост. Если в 2020 году технологии использовались преимущественно в IT-секторе, то к 2026 году охват расширился на все сферы бизнеса.

Одним из наиболее эффективных инструментов является ChatGPT. В бизнесе его применяют для автоматизации клиентской поддержки, генерации маркетинговых стратегий и анализа больших объемов неструктурированной информации. Использование ChatGPT позволяет сократить временные затраты на обработку документации на 40-50%, что напрямую влияет на маржинальность бизнеса.

Таблица 1

Влияние ИИ на показатели эффективности бизнеса

Показатель	Традиционный метод	С использованием ИИ
Точность прогноза спроса	65-70%	90-95%
Операционные расходы	100% (база)	80-85%
Скорость обработки заказов	24 часа	2 часа

В 2026 году акцент сместился на модель «человек + ИИ», где алгоритмы выполняют аналитическую работу, а специалист принимает стратегические решения [2, с. 84]. Существенным барьером остается вопрос этики и защиты данных [3, Эл. ресурс]. Тем не менее, предприятия, внедрившие ИИ в период 2023–2025 гг., показывают средний рост выручки на 15–20% выше, чем конкуренты [4, Эл. ресурс].

Библиографический список

1. Андрейчиков, А. В. Интеллектуальные информационные системы и методы IT-инноваций в бизнесе : учеб. пособие / А. В. Андрейчиков, О. Н. Андрейчикова. – Москва : ИНФРА-М, 2023. – 379 с.
2. Искусственный интеллект в управлении и экономике : сборник трудов конференции / под ред. А. Н. Кузнецова. – Нижний Новгород : НГТУ, 2025. – 112 с.
3. Прохоров, А. Цифровая трансформация. Анализ, тренды, мировой опыт / А. Прохоров, Л. Коник. – Москва : Альпина Паблишер, 2022. – 368 с.
4. Управление инновациями и цифровое предпринимательство : учебник для вузов / под ред. И. В. Корчагиной. – Москва :Юрайт, 2024. – 245.

УДК 659

КОМАРОВА Ю.В.

СОЦИАЛЬНЫЕ СЕТИ КАК ИНСТРУМЕНТ ФОРМИРОВАНИЯ ИМИДЖА В СЕКТОРЕ ЭКОНОМИКИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В условиях цифровой трансформации экономики социальные сети стали не просто каналом коммуникации, а мощным инструментом формирования имиджа компаний, отраслей и даже целых экономических секторов. Их влияние распространяется на восприятие брендов, инвестиционную привлекательность и уровень доверия со стороны потребителей и партнеров.

1. Роль социальных сетей в современной экономике

Социальные сети обеспечивают прямой контакт между бизнесом и аудиторией. В отличие от традиционных медиа, они позволяют компаниям оперативно реагировать на изменения рынка, выстраивать диалог с клиентами и формировать репутацию в режиме реального времени [1]. Это особенно важно в конкурентной среде, где имидж становится одним из ключевых факторов успеха.

Кроме того, социальные платформы способствуют распространению информации с высокой скоростью. Положительные отзывы, кейсы успеха и социальные инициативы компаний быстро становятся достоянием широкой аудитории, усиливая их репутационный капитал.

2. Формирование имиджа через контент

Контент является основой имиджевой стратегии в социальных сетях. Компании используют различные форматы – от текстов и изображений до видео и прямых эфиров – для демонстрации своей экспертизы, ценностей и корпоративной культуры [2].

Особую роль играет сторителлинг. Через истории бренды могут выстраивать эмоциональную связь с аудиторией. Например, публикации о социальной ответственности, устойчивом развитии или инновациях формируют образ компании как надежного и современного участника экономического процесса.

3. Влияние на разные секторы экономики

В различных секторах экономики социальные сети используются по-разному. Банки и инвестиционные компании укрепляют доверие через образовательный контент и прозрачность. В промышленности демонстрация технологий и производственных процессов помогает сформировать образ надежности и инновационности. У сферы услуг отзывы клиентов и пользовательский контент напрямую влияют на репутацию компаний.

Таким образом, социальные сети становятся универсальным инструментом, адаптируемым под специфику отрасли.

4. Репутационные риски и управление ими

Несмотря на преимущества, социальные сети несут и определенные риски. Негативные отзывы, кризисные ситуации или неудачные публикации могут быстро распространиться и нанести ущерб имиджу компании. В этой связи особое значение приобретает грамотное управление репутацией (ORM – OnlineReputationManagement).

Компании должны разрабатывать стратегии реагирования, отслеживать упоминания бренда и поддерживать открытый диалог с аудиторией. Прозрачность и оперативность становятся ключевыми факторами в преодолении кризисов.

Социальные сети играют важнейшую роль в формировании имиджа в секторе экономики. Они позволяют не только транслировать ценности и достижения компаний, но и выстраивать долгосрочные отношения с аудиторией. В условиях высокой конкуренции и информационной насыщенности именно грамотное использование социальных платформ становится одним из определяющих факторов устойчивого развития бизнеса.

Библиографический список

1. Голубков, А.А. Стратегия развития маркетинга малого и среднего бизнеса в соцсетях в современных условиях / А.А. Голубков // Прогрессивная экономика. – 2025. – № 2. – С. 156.
2. Апатова, Н.В. Социальные сети в цифровой экономике / Н.В. Апатова // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. – Экономика и управление. – 2018. – №4. – С. 3-9.

УДК 659.4

КОРОЛЕВА В.А.

ФОРМИРОВАНИЕ ИМИДЖА БРЕНДА В ГЛАЗАХ ПОТРЕБИТЕЛЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Формирование имиджа бренда в глазах потребителя представляет собой целенаправленный процесс создания устойчивого эмоционально-оценочного образа товара или услуги. В реальном секторе экономики имидж становится ключевым нематериальным активом, влияющим на лояльность, повторные покупки и готовность платить премиальную цену.

К базовым принципам формирования имиджа бренда относится аутентичность, т.е. имидж должен соответствовать реальным потребительским свойствам продукта, иначе диссонанс разрушает доверие. Второй – адаптивность к целевой аудитории: единый бренд может иметь разные образы для разных сегментов потребителей. Третий – целостность: все элементы бренда (визуальные, вербальные, поведенческие) работают в единой системе смыслов.

Этапы формирования имиджа: 1) анализ восприятия существующего образа (опросы, фокус-группы, семантический дифференциал); 2) разработка желаемого имиджа: определение ключевых ассоциаций (качество, надежность, инновационность, забота) и позиционирования относительно конкурентов; 3) коммуникационная реализация: трансляция имиджа че-

рез каналы (реклама, PR, упаковка, сайт, точки контакта); 4) поддержание и коррекция: мониторинг изменений потребительских ожиданий и своевременное обновление образа без потери узнаваемости.

Инструменты. Трансляция через отзывы реальных потребителей, визуальный сторителлинг (инфографика, фотостиль), программы лояльности как канал формирования привычного образа, коллаборации с комплементарными брендами для переноса позитивных ассоциаций. В реальном секторе особенно эффективны демонстрация производственных процессов («открытое производство») и материальные носители имиджа (фирменная упаковка, брендированный транспорт).

Оценка эффективности. Количественные метрики: доля спонтанного знания бренда (top-of-mind), индекс лояльности (NPS), доля повторных покупок. Качественные: ассоциативные карты (проективные методики), анализ упоминаний в соцмедиа с выделением эмоционального тона, скорость распознавания бренда в ряду конкурентов. Ключевой индикатор – разница между воспринимаемой и фактической ценностью продукта в пользу воспринимаемой при сохранении доверия.

Формирование имиджа бренда – не разовая кампания, а системное управление каждым контактом потребителя с брендом. В реальном секторе экономики, где продукт часто физически осязаем, имидж подкрепляется не только коммуникацией, но и качеством сервиса, упаковки, логистики. Предприятия, последовательно выстраивающие образ бренда «глазами потребителя», получают более высокую маржинальность и устойчивость к ценовой конкуренции.

Библиографический список

1. Аакер, Д. Создание сильных брендов / Д. Аакер. – М. : Гребенников, 2018. – 440 с
2. Келлер, К. Л. Стратегический бренд-менеджмент / К. Л. Келлер. – М. : Вильямс, 2020. – 704 с.
3. Линдстром, М. Buyology: увлекательное путешествие в мозг современного потребителя / М. Линдстром. – М. : Альпина Паблишер, 2019. – 240 с.

УДК 659.4

КРЕМНЁВ Д.Д.

ИНТЕГРИРОВАННЫЕ МАРКЕТИНГОВЫЕ КОММУНИКАЦИИ КАК ИНСТРУМЕНТ ПРОДВИЖЕНИЯ БРЕНДА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева

В условиях высокой конкуренции на современном рынке компании стремятся использовать наиболее эффективные инструменты продвижения. Одним из таких инструментов являются интегрированные маркетинговые коммуникации, позволяющие объединить различные каналы взаимодействия с целевой аудиторией в единую систему.

Интегрированные маркетинговые коммуникации представляют собой комплекс мероприятий, включающий рекламу, связи с общественностью, цифровой маркетинг и прямые коммуникации. Основной задачей данного подхода является формирование целостного образа бренда и обеспечение согласованности всех коммуникационных сообщений.

Важную роль в современных коммуникациях играет цифровая среда. Использование социальных сетей, контент-маркетинга и таргетированной рекламы позволяет компаниям эффективно взаимодействовать с аудиторией, учитывать её интересы и оперативно реагировать на изменения спроса. При этом традиционные каналы коммуникации, такие как PR-мероприятия и наружная реклама, продолжают оставаться значимыми элементами комплексной стратегии.

Следует отметить, что эффективность интегрированных коммуникаций напрямую зависит от степени согласованности используемых инструментов. Несоответствие сообщений в различных каналах может привести к снижению доверия со стороны потребителей и уменьшению эффективности продвижения.

Таким образом, интегрированные маркетинговые коммуникации являются важным инструментом развития бренда, обеспечивающим повышение его узнаваемости, формирование лояльности аудитории и укрепление конкурентных позиций компании на рынке.

Библиографический список

1. Котлер, Ф. Маркетинг менеджмент. – М.: Питер, 2020. – 608 с.
2. Шульц, Д. Интегрированные маркетинговые коммуникации. – М.: Вильямс, 2019. – 233 с.

УДК 339.138

КРОТ Г.И.

РЕАЛИЗАЦИЯ СТРАТЕГИИ ПРОДВИЖЕНИЯ ТОВАРОВ И УСЛУГ В СЕТИ ИНТЕРНЕТ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Реализация стратегии продвижения в сети Интернет требует системного подхода, включающего выбор рекламных инструментов, их настройку, интеграцию с веб-аналитикой и постоянную оптимизацию. На примере лизинговой компании рассмотрены практические аспекты реализации digital-стратегии.

Стратегия предполагает воздействие на целевую аудиторию на всех уровнях. На верхнем уровне применяются баннеры и видеоролики в медийной рекламе, публикации в тематических Telegram-каналах. За работу на нижнем уровне воронки и обработку существующего спроса отвечает контекстная реклама в Яндекс Директе (поиск и РСЯ). Медийная реклама в данном случае настраивается на аудиторию по социально-демографическим характеристикам – люди от 25 до 55 лет, со средним доходом и выше. Для охвата наиболее заинтересованной аудитории используется таргетинг по поведенческим признакам и интересам (в нашем случае это лизинг, бизнес и логистика) [1]. Telegram-каналы отбираются по уровню вовлечённости и профилю аудитории (предпринимательство, коммерческий транспорт, финансы). Контекстная реклама охватывает брендовые, категорийные, конкурентные запросы, а также работает с ремаркетингом.

Один из ключевых этапов реализации стратегии – техническая настройка рекламных кампаний и интеграция системы веб-аналитики с сайтом и рекламными кабинетами. Устанавливаются микро- и макроцели (например, заполнение заявки), настраивается UTM-разметка кампаний. Для контекстной рекламы собирается семантическое ядро с помощью KeyCollector, выполняется группировка по кластерам, подбор минус-слов, создание релевантных объявлений. Структура кампаний включает брендовую, категорийные по лизингу и транспорту, общую товарную, кампании по лизингу с пробегом, а также офферный ремаркетинг на посетителей конкретных страниц техники. Для получения релевантных целевых действий с контекстной рекламы на сайте компании в Яндекс Директ используется автоматическая стратегия «Максимум конверсий». Медийная кампания настраивается с таргетингом по интересам и социально-демографическим параметрам. В неё интегрируется пиксель независимого верификатора рекламы для проверки видимости показов, защиты от ботов и формирования сегментов для последующего ретаргетинга. Верификатор обеспечивает прозрачность эффективности баннерной и видеорекламы, позволяя оценить не только post-click, но и post-view конверсии.

Для всех каналов применяются различные KPI. Для контекстной рекламы основная метрика – стоимость квалифицированного лида (CPL). Медийная реклама оценивается через охват, стоимость за 1 000 показов (CPM), post-view конверсии.

Таким образом, реализация стратегии продвижения требует комплексного подхода, глубоких знаний настройки рекламы и систем веб-аналитики, детальной проработки семантического ядра и постоянной оптимизации на основе данных об эффективности.

1.Поведенческий таргетинг [Электронный ресурс]. – URL: https://www.unisender.com/ru/glossary/chto-takoe-povedencheskij-targeting/ (дата обращения: 30.03.2026).

УДК 659

КУЗНЕЦОВА П.А.

ТРАНСФОРМАЦИЯ ЯЗЫКА БРЕНДА РАБОТОДАТЕЛЯ В КОММУНИКАЦИЯХ С МОЛОДЁЖНОЙ АУДИТОРИЕЙ (НА ПРИМЕРЕ КАНАЛА «СБЕРСТУДЕНТ» В MAX)

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Сегодня современные компании сталкиваются с такой проблемой, что привычный официальный язык вакансий и HR-текстов перестает работать с аудиторией 18-25 лет. Молодые люди воспринимают канцелярские обороты и шаблонные фразы как признак устаревшей закрытой организации. Под языком бренда работодателя понимается совокупность слов, интонаций и стилистических приемов, с помощью которых компания общается с потенциальными сотрудниками [1]. Этот язык помогает создать узнаваемый образ работодателя и установить контакт с аудиторией. Цель исследования – выяснить, как именно меняется язык бренда при общении с молодежью в цифровой среде.

Согласно теории поколений, У. Штрауса и Н. Хоува [2], современная молодая аудитория (поколение Z) выросла в цифровой среде и обладает особыми коммуникативными привычками. Для неё характерны клиповое мышление, высокая скорость обработки информации и запрос на аутентичность общения. Кроме того, в исследованиях рекрутинговых агентств отмечается, что при выборе работодателя молодежь всё чаще ориентируется не только на уровень заработной платы, но и на ценности компании, её тон общения и культуру. Бренд работодателя становится важным нематериальным активом, а его язык – ключевым инструментом привлечения кадров.

Материалом для анализа процесса формирования нового языка бренда при общении с молодежной аудиторией стали публикации канала «СберСтудент» в MAX. Канал «СберСтудент» в MAX ориентирован на студентов и молодых специалистов, поэтому лексика, тон и оформление текстов данного канала существенно отличается от официального языка бренда ПАО «Сбербанк России».

Можно выделить три основных направления изменений языка бренда работодателя. Во-первых, отказ от официального тона. В описании канала отсутствуют привычные корпоративные формулировки вроде «крупнейший банк России предлагает». Вместо них используется дружеское обращение: «мы с тобой на каждом шагу». Название компании сокращается до простого «Сбер» и дополняется эмодзи, что делает общение похожим на личную переписку. Во-вторых, осуществляется смена социальной роли компании. Работодатель перестает быть строгим оценщиком и становится помощником. Заголовок «От олимпиад до первой работы» говорит не о требованиях к кандидату, а о пути развития студента. Призывы звучат мягко и дружелюбно: «открывай», «подписывайся» [3]. В-третьих, происходит подстройка

под формат площадки. Тексты в канале разбиты на короткие абзацы, активно используются эмодзи. Это типичный стиль общения для мессенджеров, а не для официальных документов.

Таким образом, реализация процесса коммуникации канала «СберСтудента» показывает, что успешная трансформация языка бренда работодателя состоит не в заучивании модного молодежного сленга, а в смене самой стратегии и парадигмы общения. Компания переходит от позиции «сверху вниз» к диалогу на равных, используя привычные для молодой аудитории каналы и стиль коммуникации.

Библиографический список

1. Белкин, В.Н., Белкина, Н.А., Антонова О.А. теория и практика HR-бренд работодателя / В.Н. Белкин, Н.А. Белкина, О.А. Антонова // Вестник ЮУрГУ. – Экономика и менеджмент. – 2019. - Т.13. – № 4. – С. 156–166.
2. Howe N., Strauss W. Generations: The History of America's Future, 1584–2069 / N. Howe, W. Strauss – Quill, 2000. – 538 p.
3. Канал «СберСтудент» в MAX [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://max.ru/sberstudent. Дата обращения: 14.04.2026.

УДК 659.1

КУЗНЕЦОВА У.А.

РОЛЬ КОНТЕНТА В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ В СИСТЕМЕ КОММУНИКАЦИЙ МЕДИЦИНСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В современном мире медицинские организации всё активнее выходят за рамки традиционных каналов взаимодействия с пациентами. Социальные сети превращаются в полноценную коммуникационную среду, где контент выполняет не вспомогательную, а стратегическую функцию [2].

Через публикации формируется не только информированность аудитории, но и общее восприятие и образ учреждения, уровень доверия и готовности обращаться за медицинскими услугами. Значимую роль играет информационный контент: в него входят разъяснения симптомов заболеваний, рекомендации по профилактике, описание медицинских процедур и особенностей лечения. Имиджевый контент позволяет «очеловечить» медицинскую организацию, показать не только услуги, но и людей, стоящих за ними. За счёт этого усиливается эмоциональная связь с аудиторией, что напрямую влияет на лояльность пациентов [1]. Отдельное направление занимает интерактивный контент, формирующие двустороннюю коммуникацию: опросы, ответы на комментарии, разборы вопросов пациентов и др. В таком формате социальные сети перестают быть каналом одностороннего вещания и превращаются в площадку для диалога. Рекламный контент направлен на продвижение конкретных услуг и стимулирование записи на приём. Важным условием остаётся соблюдение баланса между информированием и продвижением, поскольку избыточная «коммерциализация» контента способна снизить доверие аудитории. При грамотной интеграции рекламный контент органично дополняет остальные виды публикаций и переводит коммуникацию в практический результат.

Для более наглядного понимания функций контента в системе коммуникаций можно рассмотреть их распределение по ключевым задачам, представленное в табл. 1.

Таблица 1

Функции контента в социальных сетях медицинской организации

Вид контента:	**Основная функция:**	**Коммуникационный эффект:**
Информационный контент	Просвещение аудитории	Повышение доверия и компетентности
Имиджевый контент	Формирование образа	Укрепление репутации
Интерактивный контент	Обратная связь	Рост вовлечённости
Рекламный контент	Продвижение услуг	Увеличение обращений

В итоге можно отметить, что контент в социальных сетях становится не просто инструментом информирования, а ключевым элементом системы коммуникаций медицинской организации. Через него выстраивается устойчивое взаимодействие с пациентами, формируется репутация и обеспечивается конкурентоспособность учреждения на современном рынке медицинских услуг.

Библиографический список

1. Кириллина, В.Н. Коммуникативные стратегии создания положительного образа медицинского учреждения / В.Н. Кириллина, О.Е. Лодочкина, А.О. Соломахина, О.В. Ширяева-Ширинг // Бизнес. Общество. Власть. – 2026. – № 59. – С. 158–170.
2. Кривых, Е.А. Особенности управления маркетинговыми коммуникациями в интернет-среде медицинских организаций / Е.А. Кривых, В.С. Векессер // Медицина. Социология. Философия. Прикладные исследования. – 2023. – № 6. – С. 192–197.

УДК 659.1

ЛЕОНТЬЕВ М.С.,ТРОФИМОВА Ю.В.

НОВЫЕ ГРАНИ ПРОДВИЖЕНИЯ НИЖЕГОРОДСКОЙ ИНЖИНИРИНГОВОЙ КОМПАНИИ «АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ»

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Принятие Федерального закона о Государственной корпорации «Росатом» от 01 декабря 2007 г. стало определяющим моментом для развития атомной отрасли России. Этот документ закрепил правовой статус Корпорации и установил стратегические цели, такие как технологическое лидерство, развитие науки и подготовка кадров [1].

АО «Атомэнергопроект» (АО «АЭП»), ключевое предприятие Инжинирингового дивизиона ГК «Росатом», выступает главным проектировщиком и осуществляет авторский надзор за строительством атомных станций нового поколения в России и за рубежом.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью адаптации коммуникационных стратегий компании к проблемам современности: ужесточению экологических стандартов, росту конкуренции на глобальном рынке инжиниринговых услуг и повышенной тревоги общества к вопросам радиационной безопасности. В условиях санкционного давления против российской атомной отрасли, системное продвижение компании становится стратегическим фактором обеспечения технологического суверенитета, удержания экспортных контрактов и минимизации социальных рисков.

Цель работы: проанализировать современные инструменты продвижения АО «Атомэнергопроект» и оценить их роль в формировании позитивного имиджа компании, обусловлена реализацией следующих задач: 1) раскрыть роль компании в реализации стратегических задач ГК «Росатом» через проектирование ключевых энергообъектов в РФ и за рубежом; 2) проанализировать современные проекты (ВВЭР-ТОИ, ВВЭР-1200, РИТМ-200Н) как основу для коммуникационного продвижения; 3) выявить и систематизировать конкретные PR-

инструменты, применяемые для информирования, вовлечения аудитории и укрепления корпоративного бренда; 4) оценить эффективность антикризисных и просветительских коммуникаций в условиях информационных рисков и общественной тревоги.

Методология базируется на системном анализе открытых источников, отраслевых публикаций, официальных данных ГК «Росатом» и медиаконтента. Применены методы контент-анализа коммуникационных стратегий, сравнительного анализа реализуемых проектов, а также оценки эффективности PR-инструментов.

Нижегородский филиал АО «АЭП» входит в инжиниринговый дивизион ГК «Росатом». Порядка 80% выручки дивизиона формируют зарубежные проекты [2]. Ключевым объектом внутри страны выступает Курская АЭС-2 с реакторами ВВЭР-ТОИ (1300 МВт). Проект демонстрирует оптимизацию транспортных, архитектурных и технологических решений, а также внедрение цифрового управления жизненным циклом энергоблока. Ленинградская АЭС-2 с реакторами ВВЭР-1200 подтверждает способность компании вести параллельное строительство масштабных объектов и демонстрирует зарубежным партнерам эффективность и безопасность российских технологий. Особое значение придается малой атомной энергетике: Якутская АСММ на базе РИТМ-200Н решает проблему энергообеспечения Арктической зоны. В марте 2026 г. подписана дорожная карта по строительству Узбекской АЭС – первой в мире интегрированной АЭС, сочетающей РИТМ-200Н и ВВЭР-1000 поколения III+. Зарубежный портфель дополняют АЭС «Эль-Дабаа» в Египте и АЭС «Аккую» в Турции, реализуемая по уникальной модели Build-Own-Operate.

Эффективная реализация данных проектов невозможна без выверенной коммуникационной стратегии. В практике АО «Атомэнергопроект» выделены шесть ключевых инструментов PR-деятельности для продвижения атомной промышленности:

1. Информирование общественности о деятельности предприятий отрасли обеспечивается через научно-деловой портал «Атомная энергия 2.0», газету «Страна Росатом» и медиацентр «Атом Медиа». Эти платформы обеспечивают информирование о проведении строительства на всех ключевых площадках.

2. Организация спец. мероприятий, например форумов, посвященных атомной тематике. Проведение отраслевых конференций, научно-технических симпозиумов и дней открытых дверей на строящихся объектах позволяет напрямую демонстрировать инженерные компетенции экспертам, инвесторам и региональным сообществам, трансформируя технические отчёты в публичные события.

3. Использование единого бренда с 2020 г. – «Росатом», который сформировал единый образ компании. Унификация визуальной и смысловой идентичности позволила консолидировать разрозненные активы в целостный образ технологического лидера. Под этим зонтичным брендом АО «АЭП» выступает гарантом качества, безопасности и глобальной ответственности.

4. Участие в международных инновационных проектах: «ИНПРО» и международный форум «Поколение IV». Участие в инициативах МАГАТЭ и разработка реакторов поколения IV позиционируют компанию не просто как подрядчика, а как члена глобального энергетического сообщества.

5. Обмен технологиями с другими странами. Реализуется через совместные НИОКР (научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы), стажировки иностранных специалистов на российских площадках и адаптацию российских решений под запросы заказчиков. Это создаёт устойчивые деловые взаимоотношения.

6. Антикризисное реагирование, как отражение информационных атак. В условиях информационных рисков компания использует активную политику информирования: круглосуточная онлайн-трансляция данных радиационного мониторинга, оперативные комментарии экспертов, работа с региональными СМИ и открытые общественные обсуждения (как в Джизакской области, Узбекистан в декабре 2025 г.) [3]. Это позволяет снизить опасения общественности, опровергать фейки и формировать культуру безопасности и прозрачности. Также активной остаётся работа с кадровым потенциалом: партнёрство с НГТУ им. Р.Е.

Алексеева и другими ВУЗами страны, карьерные дни и целевые программы являются примером устойчивого развития отрасли.

Таким образом, продвижение АО «Атомэнергопроект» представляет собой многоуровневую систему, интегрирующую технологические достижения и целенаправленную PR-деятельность. Реализация проектов сопровождается активным информированием, проведением профильных мероприятий, использованием единого корпоративного бренда, участием в международных проектах, технологическим обменом и выверенным антикризисным управлением. Грамотная PR-деятельность формирует репутацию надежного технологического лидера, обеспечивая устойчивую поддержку со стороны общества, государства и международного сообщества в условиях высокой конкурентной и информационной нагрузки.

Библиографический список

1. Федеральный закон от 01.12.2007 № 317-ФЗ «О Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом»» [Электронный ресурс] // Президент России : офиц. сайт. – URL: http://www.kremlin.ru/acts/bank/26621 (дата обращения: 28.03.2026).
2. Нижегородский проектный институт «Атомэнергопроект» отмечает 70-летие [Электронный ресурс] // Атомстройэкспорт : [сайт]. – 2021. – авг. – URL: https://ase-ec.ru/for-journalists/news/2021/aug/nizhegorodskiy-proektnyy-institut-atomenergoproekt-otmechaet-70-letie/ (дата обращения: 28.03.2026).
3. Общественные слушания по проекту сооружения АЭС в Узбекистане [Электронный ресурс] // Атомная энергия 2.0 : [сайт]. – 2025. – 25 дек. – URL: https://www.atomic-energy.ru/news/2025/12/25/162242 (дата обращения: 28.03.2026).

УДК 659.1

МОРЕНКО В.А.,ТРОФИМОВА Ю.В.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ: АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Атомная энергетика России находится в стадии технологической модернизации, требующей интеграции цифровых решений для повышения безопасности, надёжности и экономической эффективности. Искусственный интеллект (ИИ) выступает ключевым инструментом такой трансформации. Российская отрасль обладает преимуществами для внедрения ИИ: массивами эксплуатационных данных, квалифицированными кадрами и научно-технической базой. Анализ международного опыта позволяет системно подходить к техническим, правовым и организационным вызовам перехода от пилотных проектов к промышленной эксплуатации.

Цель работы – комплексный анализ применения ИИ в продвижении атомной промышленности России и за рубежом, оценка перспектив и выявление барьеров массового внедрения.

В российской практике ИИ трактуется как совокупность технологий, решающих задачи, традиционно требующие человеческих когнитивных способностей. В прикладном контексте атомной энергетики термины «ИИ» и «машинное обучение» (МО) часто используются взаимозаменяемо. С технической точки зрения, машинное – наиболее разработанная форма искусственного интеллекта для отрасли: алгоритмы выявляют закономерности в больших массивах данных без явного программирования, что критически важно при обработке терабайтов информации от систем контроля АЭС.

Классификация методов МО включает три категории. «Обучение с учителем» использует размеченные данные и эффективно для диагностики оборудования. «Обучение без учителя» работает с неразмеченными данными, выявляя скрытые закономерности и аномалии в режимах работы. «Обучение с подкреплением» оптимизирует последовательности действий и применяется в задачах автоматического управления технологическими процессами.

В российской отрасли особое внимание уделяется нейросетевым технологиям (свёрточные и рекуррентные архитектуры), демонстрирующим высокую эффективность при анализе многомерных временных рядов параметров реакторных установок. Выбор архитектуры должен определяться спецификой задачи, а не сложностью модели.

Атомные станции генерируют два типа данных: онлайн-мониторинг от КИПиА (поступающий с интервалом секунд–минут) и периодические данные технического обслуживания. Оба типа ценны для обучения моделей ИИ, но требуют различных подходов к предобработке. Высокий уровень стандартизации процессов сбора данных создаёт условия для масштабируемых решений, однако переход к промышленной эксплуатации сдерживается рядом барьеров.

Ключевая проблема – правовая неопределённость: применение ИИ на АЭС усложняет установление ответственности за ядерный ущерб, особенно при инцидентах, связанных с решениями алгоритмов. Трудности отслеживания причинно-следственных связей, невозможность включить все операции ИИ в договорные обязательства и сложность установления вины в цепочке разработки требуют проактивного пересмотра режимов ядерной ответственности и страхования [1, с. 498].

Дополнительным ограничением выступает отсутствие унифицированной нормативно-правовой базы: рекомендации регулирующих органов по применению МО в атомной энергетике практически отсутствуют, имеются лишь обзорные работы МАГАТЭ необязательного характера [2, с. 10]. Это создаёт правовые риски и отсутствие чёткого маршрута лицензирования ИИ-решений.

Проблема интерпретируемости ИИ также серьёзна для отрасли, где каждое решение должно быть верифицируемым. В ряде случаев алгоритмы представляют собой «чёрный ящик», что снижает доверие к результатам моделирования в условиях повышенных рисков [3, с. 685].

Дополнительные сложности возникают при работе с ретроспективными данными (например, бумажные архивы по выводу из эксплуатации блоков АЭС) и интеграции новых алгоритмов в исторически сложившуюся архитектуру информационных систем АЭС без нарушения требований кибербезопасности.

Несмотря на вызовы, российская отрасль демонстрирует поступательное внедрение интеллектуальных алгоритмов. АО ОКБ «ГИДРОПРЕСС» сформировало портфель верифицированных нейросетевых решений для РУ ВВЭР: автоматизирован выбор исходных состояний для маневренных режимов, сокращены вычислительные затраты при обосновании безопасности в аварийных режимах, разработана концепция виртуальных руководств по управлению запроектной аварией с рекомендациями персоналу в реальном времени. Обучение моделей проводилось на базе численных исследований РУ ВВЭР-1000 с использованием специализированных расчётных кодов [2, с. 11–12]. Применение верифицированных программных комплексов ускорило анализ и обеспечило консервативный подход к оценке рисков.

Проведённое исследование подтверждает: интеграция ИИ в атомную промышленность – закономерный и перспективный этап развития. Как отмечается в докладе МАГАТЭ, технологии ИИ обладают потенциалом для ускорения прогресса в эксплуатации реакторов, оптимизации техобслуживания и ремонта и укреплении ядерной безопасности. Успешное внедрение требует формирования комплексной экосистемы: нормативно-правовой базы, этических принципов, стандартов качества данных и механизмов международного сотрудничества. Особое значение приобретает соблюдение принципов FAIR (находимость, доступность, совместимость, переиспользование) и практик открытой науки, обеспечивающих воспроизводимость результатов и доверие к алгоритмам [4, с. 12].

Опыт передовых центров показывает, что барьеры преодолимы при скоординированных усилиях государства, науки и промышленности. Приоритет безопасности, прозрачность разработки и сохранение человеческого контроля над критическими решениями остаются неизменными ориентирами. ИИ не заменяет экспертное знание, а усиливает его. При ответственном подходе технологии ИИ способны внести существенный вклад в устойчивое развитие, повышение конкурентоспособности и безопасное развитие атомной энергетики в интересах настоящего и будущих поколений.

Библиографический список

1. Клебанов, Л. Р. Искусственный интеллект в атомной энергетике: правовые вызовы и международное сотрудничество в поисках подходов к регулированию / Л. Р. Клебанов, М. С. Лизикова // Вестник РУДН. Серия: Юридические науки. – 2025. – Т. 29, № 2. – С. 494–508.
2. Искусственный интеллект в области использования атомной энергии – существующие возможности и перспективы / А. В. Николаева, М. А. Увакин, С. И. Пантюшин [и др.] // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Физика ядерных реакторов. – 2023. – Вып. 3. – С. 4–16.
3. Jendoubi, C. A Survey of Artificial Intelligence Applications in Nuclear Power Plants / C. Jendoubi, A. Asad // IoT. – 2024. – Vol. 5, № 4. – P. 666–691.
4. Artificial Intelligence for Accelerating Nuclear Applications, Science and Technology / International Atomic Energy Agency. – Vienna : IAEA, 2022. – 87 p.

УДК 659.1

НАПЫЛОВА Э.С.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕКЛАМНОЙ ПОЛИТИКИ ПРЕДПРИЯТИЯ SHIK

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

В современных условиях высокой конкуренции эффективная рекламная политика является ключевым фактором успешного функционирования предприятия. Предприятие SHIK, осуществляющее деятельность в сфере косметической продукции, сталкивается с необходимостью адаптации рекламных инструментов к изменяющимся условиям рынка и цифровизации маркетинговых коммуникаций. Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения эффективности рекламной деятельности предприятия SHIK за счет внедрения современных инструментов продвижения и оптимизации существующих каналов коммуникации с потребителями.

Основной целью работы является разработка направлений совершенствования рекламной политики предприятия. Анализ текущей рекламной политики SHIK показал, что предприятие использует как традиционные (наружная реклама, печатные материалы), так и цифровые каналы (социальные сети, таргетированная реклама). Однако выявлены следующие проблемы: недостаточная сегментация целевой аудитории, слабая аналитика эффективности рекламных кампаний и ограниченное использование персонализированного контента. Эффективность рекламной политики может быть оценена с помощью показателя возврата на инвестиции (ROI):

$$ROI = (P - C) / C \times 100\%;$$

где ROI – рентабельность рекламных инвестиций; P – прибыль, полученная в результате рекламной кампании; C – затраты на рекламу.

Для совершенствования рекламной политики предприятия SHIK предлагаются следующие направления: 1) внедрение инструментов сквозной аналитики для оценки эффектив-

ности рекламных каналов; 2) активное использование контент-маркетинга и инфлюенсеров для повышения узнаваемости бренда; 3) персонализация рекламных сообщений на основе анализа поведения потребителей; 4) расширение присутствия в цифровых каналах, включая видеомаркетинг и короткие форматы контента; 5) проведение A/B-тестирования рекламных кампаний.

Таблица 1

Сравнительный анализ рекламных каналов

Канал	**Преимущества**	**Недостатки**
Социальные сети	Широкий охват, таргетинг	Высокая конкуренция
Наружная реклама	Массовое воздействие	Сложность оценки эффекта
Контекстная реклама	Быстрый результат	Стоимость кликов

Предложенные мероприятия позволят повысить эффективность рекламной политики предприятия SHIK, улучшить взаимодействие с целевой аудиторией и увеличить объем продаж. Внедрение современных маркетинговых инструментов обеспечит устойчивое конкурентное преимущество предприятия на рынке.

Библиографический список

1. Котлер Ф. Маркетинг менеджмент / Ф. Котлер. – М.: Питер, 2020. – 216 с.
2. Голубков Е.П. Маркетинговые исследования / Е.П. Голубков. – М.: Финпресс, 2019. – 496 с.
3. Чумиков А.Н. Реклама и связи с общественностью / А.Н. Чумиков. – М.: Аспект Пресс, 2021. – 272 с.

УДК 316

ОСЬМИНУШКИН Е.А., ТРОФИМОВА Ю.В.

АНАЛИЗ КОРПОРАТИВНОЙ КУЛЬТУРЫ ОАО «НИАЭП»

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Организационная (корпоративная) культура – модель базовых допущений, доказавших свою состоятельность при решении проблем адаптации и интеграции [1, с. 17-25]. В атомной отрасли исследование культуры обусловлено её спецификой: «культура безопасности» признана МАГАТЭ и РБ-047-16 неотъемлемой частью управления [2, с. 4-6], а стоимость ошибки измеряется не только финансовыми потерями, но и рисками для населения. Циклы проектов составляют 10–20 лет, что требует эффективной передачи опыта, также отрасль в целом функционирует в условиях жёсткого общественного контроля.

Объект исследования – ОАО «НИАЭП», проектный институт полного цикла, характеризующийся высокой нормативной регламентацией, экспертоцентричной моделью решений и долгосрочной проектной ориентацией (циклы 10–20 лет). При глобальном портфеле заказов (около 80% – международные контракты) институт вошёл в число лучших мировых работодателей [3], что делает его репрезентативным примером. Исследование базируется на синтезе классической модели Э. Шейна [1, с. 6] и отраслевых подходов к управлению человеческим капиталом в высокорегулируемых отраслях. В соответствии с концепцией HR-маркетинга инноваций [4, с. 215], корпоративная культура атомного инжиниринга рассматривается как инструмент обеспечения баланса между нормативной устойчивостью и адаптивностью. Эмпирический анализ опирается на публичную отчётность НИАЭП [5, с. 115-117], фиксирующую эволюцию ценностного ядра (безопасность, качество, преемственность) и механизмы его трансляции через системы наставничества и проектного обучения.

Согласно модели Э. Шейна, организационная культура – иерархическая система, включающая три уровня: наблюдаемые артефакты (процедуры, символика, речевые паттерны), доступные восприятию, но требующие контекстуального анализа; декларируемые ценности – официально зафиксированные нормы и принципы, диагностическая ценность которых определяется степенью соответствия реальным практикам; глубинные базовые предположения – неосознаваемые убеждения, сформированные при решении критических задач, детерминирующие реакции и восприятие рисков, и являются наиболее устойчивыми к целенаправленным изменениям [1, с. 21-24].

В институциональной среде ОАО «НИАЭП» данные постулаты реализуются через системную интеграцию нормативных требований [2, с. 5] и кадровых технологий [3]. На уровне артефактов культура объективируется в стандартизированных проектных процедурах, многоуровневой системе верификации расчётов и программах наставничества, обеспечивающих трансляцию инженерных компетенций [5, с. 116]. Декларируемые ценности (приоритет безопасности, технологическое качество, профессиональная преемственность) институционализированы в стратегическом планировании и адаптированы как инструмент HR-маркетинга, направленный на балансирование регуляторной устойчивости и инновационной гибкости [4, с. 217]. Глубинные установки, выявляемые на основе анализа публичных корпоративных практик [5, с. 92-94], отражают доминирование экспертократической логики принятия решений, долгосрочной проектной ориентации и культуры системного анализа отклонений. Таким образом, корпоративная среда НИАЭП демонстрирует устойчивую адаптацию модели Шейна к специфике атомного инжиниринга, где культура выступает стратегическим активом, обеспечивающим минимизацию операционных рисков и сохранение интеллектуального капитала в условиях долгосрочных инвестиционных циклов.

Социологические исследования в «Росатоме» фиксируют лидерство НИАЭП по индикаторам: профессиональное развитие, осмысленность труда, доверие к руководству, приверженность ценностям [3]. Верифицированные факторы: системное наставничество, где старшие инженеры курируют молодых специалистов на всех этапах проектирования, снижая риски потери знаний [5, с. 115]; трансформация культуры безопасности из регуляторного требования в элемент профессиональной идентичности: сотрудники воспринимают процедуры как маркер экспертного статуса, что подтверждается высокими оценками по шкале «ценность работы для общества» [3]; внутренний брендинг, позиционирующий участие в уникальных проектах (АЭС нового поколения, международные контракты) как ключевой нематериальный стимул для удержания кадров в конкуренции с коммерческим сектором [4, с. 218-219]; прозрачность карьерных траекторий с чёткими критериями роста, привязанными к участию в верифицированных проектах, что обеспечивает предсказуемость развития [5, с. 106-108]. Лидерство НИАЭП по вовлечённости отражает системный синергетический эффект интеграции культуры безопасности, экспертной системы признания и высокого статуса реализуемых проектов. В отличие от производственных предприятий Росатома, ориентированных в основном на операционную эффективность, культура НИАЭП строится вокруг экспертного признания: профессиональный статус определяется технической компетентностью, участием в верификации расчётов и вкладом в уникальные проекты, а не формальной иерархией. Такая адаптация общекорпоративных ценностей под специфику интеллектуально-ёмкой деятельности позволила превзойти среднеотраслевые показатели по вовлечённости и удержанию специалистов.

Анализ подтверждает, что корпоративная культура НИАЭП функционирует как устойчивая адаптивная система, где интеграция культуры безопасности, экспертной модели признания и HR-маркетинга обеспечивает синергетический эффект, проявляющийся в высоком качестве решений и лидерстве по вовлечённости. Практическая значимость – в верификации подхода к управлению культурными паттернами в высокорегулируемых отраслях, позволяющего трансформировать регуляторные ограничения в конкурентные преимущества. В атомном инжиниринге культура выступает стратегическим ресурсом, гарантирующим технологи-

ческую надёжность, кадровую преемственность и устойчивое развитие в условиях долгосрочных проектных циклов.

Библиографический список

1. Schein E. H. Organizational Culture and Leadership [Электронныйресурс] / E. H. Schein. – 4th ed. – San Francisco :Jossey-Bass, 2010. – 384 p. – Режимдоступа: https://doi.org/10.1002/9781119206343 (датаобращения: 02.04.2026).
2. РБ-047-16. Руководство по безопасности при использовании атомной энергии. Методика оценки культуры безопасности на предприятиях ядерного топливного цикла [Текст] : утв. приказом Ростехнадзора от 02.11.2016 № 457. – Москва :Ростехнадзор, 2016. – 32 с.
3. Социологические исследования вовлечённости персонала в Госкорпорации «Росатом» [Электронный ресурс] // АО ИК «АСЭ». – 2013. – URL: https://ase-ec.ru/for-journalists/news/2013/aug/news1348/ (дата обращения: 01.04.2026). – Текст : электронный.
4. Прохорова М. В., Скобелева Е. И. HR-маркетинг как направление системы управления инновациями (на примере атомной промышленности) [Электронный ресурс] // Вестник ННГУ. – 2013. – № 4(2). – С. 215–220. – Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/hr-marketing-kak-napravlenie-sistemy-upravleniya-innovatsiyami-na-primere-atomnoy-promyshlennosti (дата обращения: 01.04.2026).
5. Публичный годовой отчёт ОАО «НИАЭП» за 2011 год [Электронный ресурс]. – Н. Новгород : ОАО «НИАЭП», 2012. – 289 с. – Режим доступа: http://old.stakeholderpanel.ru/upload/iblock/afe/afe7ac4c2b293e5c07ccdaef1233bad9.pdf (дата обращения: 02.04.2026).

УДК 659.1

РЕЗНИЧЕНКО А.И.

РАЗРАБОТКА СТРАТЕГИИ ПРОДВИЖЕНИЯ БРЕНДА МАЛОГО БИЗНЕСА НА ПРИМЕРЕ СТУДИИ УКРАШЕНИЙ «LUNARA»

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В условиях развития рыночной экономики и усиления конкуренции особую значимость приобретает разработка эффективной стратегии продвижения бренда, особенно для предприятий малого бизнеса. Маркетинговая деятельность направлена на формирование ценности для потребителя и установление долгосрочных отношений с ним [1, с .46].

В качестве объекта исследования рассматривается студия украшений «Lunara», осуществляющая деятельность в сфере производства авторских аксессуаров. Основной целевой аудиторией являются женщины в возрасте от 18 до 35 лет, ориентированные на индивидуальность и самовыражение.

Анализ деятельности предприятия показывает недостаточную узнаваемость бренда и слабое использование современных каналов коммуникации. В научной литературе отмечается, что эффективные коммуникации способствуют формированию положительного имиджа организации и повышению уровня доверия со стороны потребителей [2, с. 115].

Стратегия продвижения бренда представляет собой комплекс мероприятий, направленных на повышение узнаваемости и формирование лояльности аудитории. Существенную роль играет контент-маркетинг, обеспечивающий привлечение и удержание клиентов посредством создания релевантного информационного контента [3, с. 81].

Для студии «Lunara» предлагается разработка стратегии продвижения, основанной на активном использовании социальных сетей. Основное внимание следует уделить созданию визуального контента, демонстрирующего продукцию и процесс её изготовления. Дополни-

тельно рекомендуется сотрудничество с микроинфлюенсерами, а также проведение акций, направленных на стимулирование спроса.

Реализация предложенной стратегии позволит повысить узнаваемость бренда, увеличить вовлеченность аудитории и укрепить позиции предприятия на рынке.

Библиографический список

1. Котлер, Ф. Маркетинг менеджмент / Ф. Котлер, К. Л. Келлер. – СПб.: Питер, 2021. – С. 45-60.
2. Чумиков, А. Н. Связи с общественностью: теория и практика / А. Н. Чумиков. – М.: Аспект Пресс, 2020. – С. 112-118.
3. Багиев, Г. Л. Маркетинг / Г. Л. Багиев, В. М. Тарасевич. – СПб.: Питер, 2019. – С. 78-85.

УДК 659

РУЗОВ Н.А.

ИНТЕРАКТИВНЫЕ КОММУНИКАЦИИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Современное высшее образование ориентировано на внедрение интерактивных форм обучения, обеспечивающих активное участие студентов в образовательном процессе. Интерактивные коммуникации предполагают диалоговый характер взаимодействия и вовлечение обучающихся в совместную деятельность, что способствует более эффективному усвоению знаний [1]. В образовательной сфере достаточную эффективность показывают такие модели взаимодействия субъектов образовательного процесса как организация и проведение стажировок на базе промышленных компаний, проведение мастер-классов и организация практики студентов в конкретных организациях профессионального профиля и т.д.

Одной из форм реализации интерактивных коммуникаций являются хакатоны, представляющие собой формат проектно-ориентированного обучения, направленного на решение практических задач [2]. Примером служит хакатон «Шаг вперед», организуемый АО «ОКБМ Африкантов» для студентов НГТУ им. Р.Е. Алексеева.

Мероприятие проводится в течение нескольких месяцев и включает последовательные этапы: формирование команд и постановку задачи, проведение образовательных мероприятий с участием представителей предприятия, командную разработку решений и последующую защиту проектов перед экспертной комиссией. Основное задание для студентов направления «Реклама и связи с общественностью» заключалось в разработке PR-стратегии в преддверии открытия нового производственного объекта.

Интерактивный характер коммуникаций проявляется в постоянном взаимодействии участников между собой, а также с представителями предприятия в процессе консультаций, обсуждения идей и получения обратной связи. Это позволяет интегрировать образовательный процесс с реальной профессиональной практикой.

В ходе участия у студентов формируются как профессиональные, так и надпрофессиональные компетенции, включая навыки коммуникации, командной работы, анализа информации и принятия решений [3]. Кроме того, хакатон позволяет апробировать практические навыки, полученные в вузе, пообщаться с единомышленниками и проявить себя в профессиональной среде. Оценка проектов осуществляется экспертной комиссией предприятия, что обеспечивает их практическую значимость и ориентированность на реальные задачи.

Таким образом, хакатон «Шаг вперед» является примером эффективного использования инструмента реализации интерактивных коммуникаций в образовательной среде. Демонстрируя эффективное взаимодействие вузовского сообщества с региональным производ-

ством и бизнес-средой хакатон является, в том числе, и формой институционального сотрудничества в сфере подбора кадров на уровне формирования комплексного диалога и достижения синергетического эффекта в связке «вуз-работодатель» [4]. Он способствует повышению качества подготовки специалистов, развитию практико-ориентированного обучения и укреплению взаимодействия между вузом и промышленным сектором.

Библиографический список

1. Столь, А.В. Педагогика высшей школы: современные методики обучения за рубежом: учебное пособие для вузов / А.В. Столь. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2026. – 177 с. – ISBN 978-5-534-20931-0. – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: https://urait.ru/bcode/588618(дата обращения: 04.04.2026).
2. Блинов, В.И. Образовательный процесс в профессиональном образовании: учебник для вузов / под общей редакцией В.И. Блинова. – М.: Издательство Юрайт, 2026. – 314 с.– ISBN 978-5-534-00080-1. – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: https://urait.ru/bcode/585424(дата обращения: 04.04.2026).
3. Зеер, Э.Ф. Психология профессионального образования: учебник для вузов / Э.Ф. Зеер.– 2-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2026. – 395 с– ISBN 978-5-534-10225-3. – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: https://urait.ru/bcode/586842(дата обращения: 04.04.2026).
4. Прохорова М.В., Скобелева Е.И. Проектировщики индивидуальных образовательных траекторий: новые тенденции в развитии образовательного пространства / М.В. Прохорова, Е.И. Скобелева // сб. Актуальные вопросы экономики, менеджмента и инноваций.

УДК 659.1

САЙМАНОВА В.С.

ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К УПРАВЛЕНИЮ ВНУТРЕННИМИ КОММУНИКАЦИЯМИ И КОРПОРАТИВНОЙ КУЛЬТУРОЙ ПРЕДПРИЯТИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

В современных условиях эффективное управление внутренними коммуникациями и корпоративной культурой становится критическим фактором конкурентоспособности предприятия. Внутренние коммуникации представляют собой систему обмена информацией между сотрудниками и уровнями управления, обеспечивающую согласованность действий и достижение стратегических целей организации.

В зависимости от задач выделяют два основных вида внутренних коммуникаций: коммуникации, направленные на повышение эффективности работы сотрудников и связанные с формированием корпоративной культуры [3, Эл. ресурс]. Современные организации используют многообразие коммуникационных каналов: электронная почта – для официального обмена письмами и согласования документации; чаты и мессенджеры – для оперативного решения ежедневных задач; корпоративные социальные сети – для формирования корпоративной культуры; онлайн-конференции – для проведения удаленных совещаний; личные встречи и собрания – для детального разбора сложных вопросов.

Корпоративная культура представляет собой комплекс взаимосвязанных ценностей, правил и традиций, формирующих уникальный стиль работы организации. В научной литературе корпоративная культура рассматривается с позиций капитализации культурных ценностей коллектива и деловой репутации компании. Управление корпоративной культурой осуществляется через вовлеченность персонала, признаками вовлеченного сотрудника. Для формирования вовлеченности применяются: регулярные опросы персонала; индивидуальные

беседы руководителей с подчиненными; оценка по методу «360 градусов»; анонимные каналы обратной связи [2, Эл. ресурс]. Анализ практики показывает, что существуют разночтения в оценке параметров корпоративной культуры со стороны менеджеров и персонала. Руководители отводят большую роль эмоционально-психологическому состоянию коллектива, а персонал нередко проявляет меньшую эмоциональную вовлеченность. Эффективная система внутренних коммуникаций должна предотвращать информационную перегрузку, обеспечивать сбалансированность потоков информации и поддерживать доверие внутри организации.

Таким образом, управление внутренними коммуникациями и корпоративной культурой требует комплексного подхода, сочетающего формальные процедуры и неформальные практики. Инвестиции в развитие внутренних коммуникаций способствуют повышению конкурентоспособности предприятия, укреплению командного духа и достижению стратегических целей организации.

Библиографический список

1. Футымский, А. Д. Управление внутренними коммуникациями в компании / А. Д. Футымский // Молодой ученый. – 2023. – № 14 (461). – С. 137-140.
2. Шарков, Ф. И. Корпоративная культура организации: управление социальным капиталом в условиях вызовов и рисков / Ф. И. Шарков, В. И. Гостенина, И. М. Лоскутова, Е. Ю. Сычева // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Социология. – 2023. – Т. 23, № 1. – С. 142-155.
3. Шелкова, К. Управление внутренними коммуникациями: стандарты, инструменты и обратная связь [Электронный ресурс] // Академия социальных технологий. – 2025. – URL: https://ast-academy.ru/blog/upravlenie-vnutrennimi-kommunikaciami-standarty-instrumenty-i-obratnaa-svaz/ (дата обращения: 01.04.2026).

УДК 659.4

СИДОРОВА А.Д., АЛЕНКОВА И.В.

ЧЕТЫРЕХКОНТУРНАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ КОММУНИКАЦИЯМИ КАК ИНСТРУМЕНТ СНИЖЕНИЯ ПРОЕКТНЫХ РИСКОВ

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Современные проекты реализуются в условиях высокой неопределённости, при участии большого количества стейкхолдеров и жёстких временных и ресурсных ограничениях. Традиционный подход к управлению коммуникациями в проектном менеджменте рассматриваются как вспомогательный процесс, обеспечивающий своевременное создание, сбор, распространение и хранение информации. Однако исследования и практика последних лет в области управления рисками свидетельствуют, что коммуникации играют существенную роль и большое влияние на успех проекта.

Изучение проектной деятельности вдевелопменте позволяет выделить три категории коммуникационных рисков:

1. Риск некорректного понимания требований.
2. Риск несвоевременного информирования об изменениях.
3. Риск информационного голода или информационной перегрузки.

Для минимизации коммуникационных рисков требуется системное структурирование коммуникаций по разным контурам.

Таблица 1
Четырехконтурная модель управления коммуникациями

Наименование контура	Цель	Типичные риски
1. Внутренний (командный)	синхронизация действий внутри команды, оперативное решение возникающих вопросов, поддержание здорового рабочего климата	недопонимание задач, дублирование работ, скрытые конфликты, потеря информации при смене исполнителя
2. Внешний	управление ожиданиями, согласование требований, сбор обратной связи, обеспечение поддержки проекта	изменение требований, рост недовольства стейкхолдеров, блокирующие решения на завершающих этапах
3. Операционный	обеспечение бесперебойного потока рабочей информации (отчетность о ходе работ, технические уточнения, контроль качества)	потеря информации при передаче между подрядчиками, несвоевременная отчетность, сбои в поставках из-за отсутствия коммуникации
4. Стратегический (кризисный и управленческий)	принятие решений в условиях неопределенности, управление кризисами, коммуникация с надзорными органами	переход проблем в острую фазу на поздних стадиях проекта, ошибочные стратегические решения, обусловленные дефицитом информации, потеря доверия инвесторов, юридически риски

В основе предлагаемой модели лежит принцип, что коммуникации в любом проекте необходимо структурировать на четырем различным контурам. Каждый контур имеет свою специфику, то есть цели, участников, типичные риски и оптимальные инструменты.

УДК 659.4

СИДОРОВА А.Д., АЛЕНКОВА И.В.

СОЗДАНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ СИСТЕМЫ КОММУНИКАЦИЙ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ ДЕВЕЛОПМЕНТА

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Девелопмент является видом предпринимательской деятельности, для которого характерна высокая степень неопределенности и риска, длительный инвестиционный и строительный цикл и большое количество участников. В условиях современной экономической ситуации, где наблюдается ужесточение градостроительных законов и норм, повышение требований со стороны участников долевого строительства и усиление роли общественного контроля, существующие традиционные методы продвижения не могут гарантировать достижение эффективного результата проекта.

Традиционно проблему коммуникаций в сфере девелопмента принято рассматривать с точки зрения двух классических научных подходов. Маркетинговый подход, ориентированный на продвижение объекта конечным потребителям и управленческий подход, основанный на взаимодействии с подрядчиками и контролирующими инстанциями. Анализ в данной области показал, что выше перечисленные подходы рассматриваются отдельно. Исследования, объединяющие два подхода в рамках общей стратегии управления коммуникациями и стоимостью, встречаются крайне редко.

В основе методологии исследования лежит системный подход, позволяющий рассматривать коммуникации не как набор обособленных каналов, а как целостную интегрированную систему, которая способствует достижению синергетического эффекта во взаимодействии всех возможных участников инвестиционно-строительного процесса.

Изучая систему коммуникаций необходимо выделить четыре ключевые составляющие, имеющие собственные цели, каналы и ключевые показатели эффективности (KPI).

1. Внутренняя составляющая (проектный офис). Обеспечивает взаимодействие между отделом девелопмента, строительным, финансовым блоками и отделом продаж. Недостаточная эффективность коммуникаций на данном уровне может привести к росту операционных издержек и срыву сроков ввода объектов.

2. Проектная составляющая (подрядчики и консультанты). Традиционно данная составляющая основана на контрактных отношениях. Однако, современная практика предлагает переход к партнерской модели. Прозрачность финансирования и открытость тендеров способствуют минимизации судебных рисков.

3. Внешняя рыночная составляющая (конечные потребители и риелторы). Наблюдается переход от транзакционного маркетинга, ориентированного на стимулирование сбыта к репутационной модели. К основным коммуникационным инструментам относят клиентоцентричный подход, организуются закрытые сообщества покупателей, используются чат-боты для сопровождения сделок от бронирования до ввода жилья в эксплуатацию.

4. Публично-правовая составляющая. Взаимодействие с профильными органами власти, ресурсоснабжающими организациями и жителями, градозащитниками.

Результаты исследования показывают, что в современном девелопменте коммуникации выполняют двойную функцию. Они служат не только инструментом продаж, но и являются основным фактором управления рисками, влияющими на бюджет и сроки реализации.

УДК 659.4

СМИРНОВА В.А.

МЕРЧ КАК ИНСТРУМЕНТ ФОРМИРОВАНИЯ КОРПОРАТИВНОЙ ИДЕНТИЧНОСТИ МОЛОДЕЖНОЙ ОБЩЕСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В молодежных общественных организациях, где участие носит добровольный характер, формирование устойчивой корпоративной идентичности становится ключевой задачей внутренних коммуникаций. Брендированная продукция (мерч) часто воспринимается как сувенирная статья расходов, однако при систематической интеграции в PR-стратегию она способена выполнять функции нематериальной мотивации, трансляции ценностей и укрепления внутригрупповых связей. Наиболее показательным примером эффективного использования мерча в молодежной практике выступает движение российских студенческих отрядов (РСО), где форменная одежда и атрибутика составляют основу корпоративной культуры.

В структуре РСО мерч выполняет три ключевые функции. Символическая функция реализуется через визуализацию миссии и ценностей посредством логотипа, цветовой гаммы и слоганов, закрепленных в уставных документах организации. Интегративная функция проявляется в формировании чувства общности через единые элементы форменной одежды, прежде всего, через целинку (бойцовку) [1]. Мотивационная функция реализуется через систему знаков отличия: правом ношения целинки обладает только член организации, отработавший минимум одну целину в составе линейного студенческого отряда, а система нашивок и значков (целинные нашивки, шевроны, наградные значки) фиксирует статус, достижения и профессиональную специализацию бойца.

Оценка эффективности мерч-программ требует использования как количественных, так и качественных показателей. Ключевые индикаторы включают индекс ношения (доля участников, использующих мерч вне мероприятий – в практике РСО это выражается в повседневном ношении целинки как знака принадлежности), корреляцию между получением статус-

ной продукции и последующей активностью (участие в новых проектах, продвижение на руководящие должности), а также объем пользовательского контента в социальных сетях.

Опыт РСО показывает, что при соблюдении указанных условий мерч перестает быть просто сувенирной продукцией и становится стратегическим ресурсом, способствуя снижению текучести актива и укреплению лояльности [2]. В организации действует строгий кодекс чести, регламентирующий обращение с целинкой: запрещается употреблять алкоголь, курить, сквернословить в форменной одежде, что подчеркивает ее сакральный статус и превращает материальный объект в носитель этических норм.

Таким образом, мерч, грамотно интегрированный в систему внутренних коммуникаций, становится механизмом управления корпоративной идентичности в молодежных организациях. Как свидетельствует практика РСО, его ценность определяется не столько материальной формой, сколько способностью транслировать ценности, фиксировать статус и формировать устойчивые этические нормы поведения. Ритуализация использования брендированной атрибутики обеспечивают сплоченность актива, повышает вовлеченность участников и служит фактором организационной устойчивости.

Библиографический список

1. Положение о символике Молодежной общероссийской общественной организации «Российские студенческие отряды»: внутренний корпоративный документ. – М.: МООО «РСО», 2022.
2. Прохорова, М. В. Социальная ценность брендов / М. В. Прохорова // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2010. – № 2(81). – С. 327-332.

УДК 37.013

СОСНИНА А.А.

ОСОБЕННОСТИ АДАПТАЦИИ УЧАЩИХСЯ В УСЛОВИЯХ ШКОЛЬНОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Современная тенденция развития молодёжных сообществ преподносит в процессе их формирования и работы новые сложности. Значительная часть подростков испытывает трудности социальной адаптации; по оценкам специалистов, в отдельных группах данный показатель может достигать 20–25%. [1]. Дети из «группы риска» проявляются безынициативно, не готовы вступать в активную коммуникацию, чувствуют себя невидимкой. Это происходит из-за резкого погружения ребёнка в незнакомую и энергичную среду. Однако, важно подготовить самого ребенка – постепенно ввести его в суть работы и помочь адаптироваться.

На примере школьного объединения для средних классов рассмотрим действие коммуникации, как важного инструмента. В сообщество обращается психолог, который просит помочь в адаптации нового ученика через коллективный труд. Ребенок испытывает затруднения при взаимодействии с другими учащимися. В данном случае объединение выступает безопасной средой, где легче выстроить коммуникацию.

Для начала требуется выстроить контакт педагога с ребёнком. Важно показать куда он попал и как устроен процесс работы. Давление недопустимо, поскольку неподготовленный участник имеет недоверительное отношение. Гораздо важнее показать, что ему рады не за заслуги, а за само присутствие.

Далее необходимо подготовить сам коллектив. Познакомить с новым участником и сориентировать оказать поддержку в адаптации. В подростковом возрасте мнение сверстников более значимое, чем взрослого. Такая подготовка среды играет чуть ли не ключевую роль.

Важно подчеркнуть, что каждый участник – часть общего дела, без которого результат будет неполноценным. Так мы работаем над удержанием участника в объединении. Нам важно не потерять его внимание в самом начале.

На следующем этапе мы уже непосредственно вовлекаем участника в деятельность. Сперва это простая помощь в подготовке – поиск нужных для мероприятия материалов. Когда участник освоился и чувствует уверенность можно включать его в парную работу. И только после этого можно переходить к самостоятельной деятельности.

Эффективным инструментом также становятся тренинги. Например, практика, которая направлена на социальное доказательство. Участники обмениваются анонимной положительной обратной связью друг с другом.

Данный пример показывает, насколько важно целенаправленно выстраивать коммуникативную среду и удерживать внимание ребёнка из «группы риска», обеспечивая безопасную адаптацию.

---

1. Шутова Н.В., Шуткина Ж.А., Барсуков А.В. Личностные и поведенческие особенности подростков, испытывающих трудности в социальной адаптации // Современные проблемы науки и образования. – 2022. – № 6. URL: https://sciup.org/142216677

УДК 659.4

СУДАКОВА Я.А.

УПРАВЛЕНИЕ АНТИКРИЗИСНЫМИ КОММУНИКАЦИЯМИ: ЭТАПЫ, ПРИНЦИПЫ И ИНСТРУМЕНТЫ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Антикризисные коммуникации – это система информационного взаимодействия организации со стейкхолдерами в условиях угрозы репутационным, финансовым или операционным показателям. Их цель – минимизировать ущерб и сохранить доверие ключевых аудиторий.

Этапы управления: 1) мониторинг и выявление ранних признаков кризиса; 2) подготовка стратегии: выбор каналов, назначение спикеров, формирование ключевых сообщений для каждой аудитории (клиенты, партнеры, регуляторы); 3) непосредственное управление кризисом: сочетание эмпатии с фактами и конкретными шагами по исправлению ситуации; 4) посткризисная коммуникация: анализ ошибок, презентация выводов, долгосрочные инициативы по недопущению повторения.

Базовые принципы. Первый – оперативность: задержка с официальной позицией ведет к заполнению информационного вакуума слухами. Второй – прозрачность и достоверность: признание проблемы менее разрушительно, чем сокрытие фактов. Третий – единство голоса: все сообщения проходят через единый антикризисный штаб, исключая противоречия.

Инструменты. Антикризисный раздел на сайте, информационные бюллетени для партнеров, прямые линии для клиентов, работа с лидерами мнений. Выбор инструментов определяется природой кризиса и скоростью распространения информации.

Оценка эффективности. Количественные метрики: скорость опровержения, количество публикаций с ключевыми месседжами. Качественные: динамика NPS, опросы доверия, анализ тональности публикаций. Ключевой индикатор – разница между прогнозируемым и фактическим ущербом.

Управление антикризисными коммуникациями – системная дисциплина, требующая предварительной подготовки (антикризисные планы, учения для пресс-службы). Организа-

ции, интегрирующие эти механизмы в риск-менеджмент, быстрее восстанавливаются после кризисов и усиливают свои позиции за счет демонстрации ответственности.

Библиографический список

1. Криксин, А.В. Антикризисные коммуникации: стратегии и тактики / А.В. Криксин. – М. : Инфра-М, 2020. – 210 с.
2. Кочеткова, А.И. Психология кризисных коммуникаций / А.И. Кочеткова. – СПб. : Питер, 2019. – 188 с.

УДК 130.2.659

ТИМЕНКОВА П.С.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УПРАВЛЕНИИ МАРКЕТИНГОВЫМИ КОММУНИКАЦИЯМИ СТАРТАПА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В реалиях высокой конкуренции, ограниченного бюджета и необходимости быстрого реагирования стартапы вынуждены искать инструменты, позволяющие ускорить выстраивание маркетинговых коммуникаций без существенного расширения команды. В этой связи особую значимость приобретают нейросетевые технологии, которые используются не только для создания отдельных единиц контента, но и как инструмент управления коммуникационными процессами в целом. Их применение позволяет стартапу быстрее формировать контент, тестировать гипотезы, анализировать обратную связь аудитории и оперативнее корректировать коммуникационную стратегию.

Технологии GenAI могут применяться в маркетинговых коммуникациях стартапа по нескольким направлениям. Во-первых, они используются для создания текстового контента: постов для соцсетей, рекламных объявлений, описаний продукта, email-рассылок, сценариев reels и видео, вариантов заголовков и calltoaction. Во-вторых, нейросети позволяют создавать визуальный контент: изображения для соцсетей, рекламные креативы, баннеры, обложки, презентации, прототипы карточек товара, мокапы и визуальные концепции для бренда. В-третьих, они применяются для работы с аудио- и видеоформатом: генерации субтитров, озвучки, перевода на любой другой язык, расшифровки интервью и конференций, подготовки кратких выжимок из встреч, написания структуры подкастов и сценариев видеоконтента. В-четвёртых, нейросетевые инструменты используются в аналитике: для обработки отзывов, комментариев и сообщений пользователей, выявления повторяющихся запросов аудитории, сегментации тем контента и оценки реакции на коммуникационные сообщения.

Практическая ценность нейросетевых технологий для стартапа заключается в том, что они позволяют существенно сократить время на выполнение рутинных коммуникационных задач. Например, на основе одного брифа нейросеть может предложить несколько вариантов рекламного текста, визуального сообщения и сценария видеоролика для разных площадок, а также предположить реакцию аудитории на основе анализа предыдущих кампаний. Расшифровка рабочих созвонов и интервью облегчает фиксацию идей, ускоряет подготовку контент-планов и снижает риск потери значимой информации. Анализ комментариев и пользовательских обращений помогает быстрее выявлять боли аудитории и корректировать позиционирование продукта. Кроме того, нейросети позволяют быстрее адаптировать один и тот же смысл под разные форматы: из записи созвона можно получить краткое резюме, пост для Telegram, тезисы для презентации и основу для экспертного ролика.

Вместе с тем использование нейросетевых технологий требует контроля со стороны специалиста. Существует риск фактических неточностей, стилистической шаблонности, сниже-

ния уникальности бренда и смысловых ошибок при автоматической генерации материалов. Поэтому наибольшую эффективность нейросети демонстрируют в качестве инструмента поддержки принятия решений, ускорения подготовки материалов и повышения адаптивности коммуникационной стратегии, а не как полная замена маркетолога или копирайтера.

Таким образом, нейросетевые технологии становятся удобным инструментом управления маркетинговыми коммуникациями стартапа. Они позволяют автоматизировать создание текстового, визуального и аудиовизуального контента, упрощают аналитику, ускоряют обработку информации и повышают гибкость коммуникаций. Для стартапа это особенно важно, поскольку способствует более быстрому тестированию гипотез, рациональному использованию ресурсов и формированию устойчивой системы взаимодействия с целевой аудиторией.

Библиографический список

1. Котлер, Ф. Маркетинг 6.0: будущее за иммерсивностью, слиянием цифрового и физического миров / Ф. Котлер, С. Айвен, К. Хермаван. - М.: Эксмо, 2024. - 240 с.
2. Бланк, С. Четыре шага к озарению: Стратегии создания успешных стартапов: практическое руководство / С. Бланк. – М.: Альпина Паблишер, 2026. - 376 с.
3. Рис, Э. Бизнес с нуля. Метод LeanStartup для быстрого тестирования идей и выбора бизнес-модели: учебное пособие / Э. Рис. М.: Альпина Паблишер, 2026. - 258 с. - Текст: электронный. - URL: https://znanium.ru/catalog/product/2239168 (дата обращения: 30.03.2026).
4. Чумиков, А.Н. Связи с общественностью: теория и практика: учеб. пособие / А.Н. Чумиков, М.П. Бочаров. - М.: Дело, 2006. - 552 с. - Текст: электронный. - URL: https://studfile.net/preview/5640852/ (дата обращения: 31.03.2026).
5. Уэбстер, Ф. Основы промышленного маркетинга / Ф. Уэбстер. - М.: ЗАО «Издательский дом Гребенникова», 2005. - 426 с. - Текст: электронный. - URL: https://www.academia.edu/36823902/Уэбстер_Ф_Основы_промышленного_маркетинга (дата обращения: 31.03.2026).

УДК 659.4

МАРЫШЕВА В.Е., ТРОФИМОВА Ю.В.

ПРОДВИЖЕНИЕ ИНЖЕНЕРНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ СРЕДИ МОЛОДЕЖИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ РОСАТОМА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Серийное строительство компанией «Росатом» атомных электростанций за рубежом, а также большое количество инновационных проектов в сфере атомной энергетики требует обеспечения соответствующими специалистами, однако поиск их на рынке труда предприятиями реального сектора экономики был не так эффективен, как формирование кадрового потенциала собственными силами. Необходимость вовлечения талантливых школьников, студентов и впоследствии подготовка мотивированных, высококвалифицированных кадров для предприятий атомной отрасли остаётся одной из актуальных задач Инжинирингового дивизиона Госкорпорации «Росатом». По данным приемных комиссий технических вузов можно увидеть успех стратегии, разработанной для популяризации инженерных специальностей среди молодёжи.

Цель данной работы заключается в изучении комплекса мероприятий «Росатома», ориентированных на пробуждение и удержание интереса молодого поколения к инженерным направлениям профессиональной подготовки.

Еще в 2010 году «Росатом» предусмотрел рост потребности в обеспечении предприятий молодыми высокообразованными кадрами. Была очевидна необходимость сотрудничества с техническими вузами для того, чтобы вырастить специалистов высокой квалификации для определённых направлений. Высшие учебные заведения, входящие в ассоциацию «Консорциум опорных вузов Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» на протяжении последних лет активно снабжают кадрами атомную отрасль. «Росатом» помогает вузам адаптировать учебные программы под современное состояние отраслевого рынка труда, благодаря чему повышается интерес молодёжи к инженерным специальностям ввиду их гарантированной востребованности и перспективности.

В 2024 году в Нижегородском государственном техническом университете им. Р. Е. Алексеева был установлен программно-технический комплекс с виртуальным энергоблоком АЭС, что позволяет при подготовке инженеров-атомщиков дать им представление об их будущей деятельности. Инжиниринговый дивизион ведёт целевую подготовку специалистов с безусловным трудоустройством на ведущих предприятиях атомной отрасли после получения высшего образования, дополнительной стипендией во время прохождения обучения и некоторыми другими привлекательными преимуществами.

Госкорпорация «Росатом» реализует множество информационно-просветительских проектов для школьников и старшеклассников, такие как научно-просветительский проект «Ледокол знаний», позволяющий талантливым школьникам отправиться в экспедицию на Северный полюс на атомном ледоколе, научно-образовательная программа «АтомДискавери», в рамках которой победители всероссийских олимпиад и конкурсов получают возможность побывать в атомных городах и посетить стратегически важные предприятия. Они направлены на ознакомление с профессиями атомной отрасли и привлечение к ним внимания представителей юного поколения, которые ещё не сделали осознанный выбор сферы будущей деятельности. Также осенью 2023 года был запущен проект «Инженерные классы Росатома», направленный на раннюю профориентацию школьников и углублённое изучение ими точных наук, начиная с пятого класса. Кроме изучения профильных предметов ученики таких классов получают возможность принимать участие в отраслевых конкурсах и проектной деятельности под руководством специалистов «Росатома». Таким образом, ребята с детства знакомятся с миром атомной отрасли и становятся заинтересованными в получении в дальнейшем инженерного образования.

«Росатом» способствует повышению вовлеченности школьников в атомную отрасль, организовывая профориентационные туры в атомные города по проекту «Больше, чем работа». В мае 2025 года более 130 школьников из разных регионов стали участниками поездок в Озерск и Глазов. Туры стали для молодых людей хорошей возможностью посетить стратегически важные объекты атомной промышленности, прикоснуться к миру атома и ядерных технологий в рамках посещения занимательных экскурсий, практических занятий и увлекательных мастер-классов.

«Росатом» является участником федерального проекта «Передовые инженерные школы». Передовые инженерные школы (ПИШ) – это федеральный проект Министерства науки и высшего образования, нацеленный на подготовку высококвалифицированных инженеров нового поколения, способных обеспечить стране технологический суверенитет [2, с. 12]. Передовые инженерные школы – это среда для плодотворного взаимодействия одарённой молодёжи и талантливых преподавателей, а также сотрудников компаний, специалистов своего дела, которые помогают студентам вузов реализовывать научный потенциал в рамках прохождения стажировок и практики на предприятиях.

«Росатом» и его предприятия регулярно принимают участие в карьерных мероприятиях профильных вузов «День карьеры», «Ярмарка вакансий» и «День открытых дверей», на которых студенты университетов могут напрямую пообщаться с представителями предприятий атомной промышленности, задать все интересующие их вопросы, определиться с местом прохождения практики и даже с местом будущей работы. Для многих ребят такие мероприя-

тия становятся решающим событием в выборе жизненного пути после выпуска из университета.

Создание среды для общения и развития молодых профессионалов – один из результативных инструментов привлечения молодого поколения к техническим специальностям. Госкорпорация «Росатом» и Общероссийское общественно-государственное движение детей и молодёжи «Движение Первых» объединились для совместной реализации образовательных проектов, проведения профориентационных и информационно-просветительских мероприятий, которые помогают школьникам всех городов страны продемонстрировать свои способности в научной деятельности и найти наставников.

На сегодняшний день научно-технологическое развитие – один из приоритетов России, что говорит о большой востребованности в реальном секторе экономики кадров, освоивших инженерные компетенции, а значит, и достойном уровнем оплаты труда и возможности значительного карьерного роста для сотрудников промышленных предприятий.

Не стоит забывать, что атомная отрасль – это не только энергетика, «Росатом» занимается также ядерной медициной, аддитивными технологиями, экологическими решениями, цифровыми и квантовыми технологиями [4, с. 4]. Здесь каждый сможет найти возможности для развития и раскрыть свой потенциал, что очень важно для молодых сотрудников, которые стремятся к обретению твёрдой опоры жизни в виде стабильной работы с возможностью карьерного роста. А готовый путь становления частью Госкорпорации «Росатом» создаёт ощущение уверенности в своём будущем.

Библиографический список

1. Богданов А. Как вернуть молодежи интерес к инженерным специальностям? // **https://habr.com/ru/articles/972062/**(дата обращения: 30.03.2026).
2. Вестник Атомпрома : информационно-аналитическое издание. 2025, № 3. – Москва, 2025. – 58 с.
3. Вестник Атомпрома : информационно-аналитическое издание. 2024, № 1. – Москва, 2024. – 58 с.
4. Госкорпорация «Росатом» : официальный сайт. – Москва, 2007–2026. – Режим доступа: https://www.rosatom.ru/ (дата обращения: 30.03.2026).

УДК 659.1

МАРЫШЕВА А.Е., ТРОФИМОВА Ю.В.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ИМИДЖА ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ В СЕТИ ИНТЕРНЕТ (НА ПРИМЕРЕ НИЖЕГОРОДСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМ. Р. Е. АЛЕКСЕЕВА)

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Благодаря развитию современных технологий в сети Интернет существует большое разнообразие различных платформ, позволяющих заниматься продвижением и пиаром. В данной статье будут рассмотрены инструменты по формированию имиджа, используемые нижегородским государственным техническим университетом имени Р. Е. Алексеева.

Целью работы является определение специфики формирования имиджа образовательной организации и применения совокупности инструментов продвижения в сети Интернет на примере Нижегородского государственного технического университета имени Р. Е. Алексеева. Объектом исследования является процесс формирования имиджа высшего учебного заведения в цифровой среде. Предметные области охватывают стратегию формирования контен-

та на официальном сайте НГТУ им. Р. Е. Алексеева, коммуникационную активность университета в социальных сетях, лингвистические и визуальные средства представления имиджа образовательной организации.

Методологическая база исследования основана на сочетании общенаучных и специальных методов, что обеспечивает комплексный подход к изучению цифрового имиджа университета. В ходе исследования применялись методы теоретического анализа для изучения научной литературы по тематике цифрового маркетинга, PR в образовании и специфики онлайн-коммуникаций вузов, контент-анализ для проведения детального изучения официального сайта и аккаунтов НГТУ в социальных сетях.

Имидж организации – сложившийся во внешней среде организации образ, основанный преимущественно на её специфических и позитивных особенностях [3]. Проблема формирования имиджа образовательных учреждений в настоящее время достаточно актуальна, так как существует сильная конкуренция на рынке образовательных услуг. Имидж вуза – это не только повышение его узнаваемости и авторитета, он также позволяет свидетельствовать о качестве и уровне развития образования.

Основной площадкой для предоставления информации потенциальным учащимся для многих образовательных организаций, в том числе для НГТУ им. Р. Е. Алексеева, служит официальный сайт. Информационная открытость образовательной организации [2], предписанная статьёй 29 Федерального закона «Об образовании в Российской Федерации», в полной мере достигается существованием и функционированием официального сайта. Сайт НГТУ содержит большой объём информации и позволяет хорошо изучить данное учебное заведение дистанционно не только на русском языке, но и на английском, что благоприятно влияет на заинтересованность иностранных студентов, является средством коммуникации с сотрудниками университета, инструментом повышения заинтересованности промышленных предприятий в поиске инженерно-технических кадров. Слоган, представленный на главной странице, «Нижегородский политех – университет, устремлённый в будущее» [1], неформальный слоган «Политех – лучше всех» формируют динамичный, прогрессивный и амбициозный имидж, свидетельствует об инновационном развитии. Использование данных о количестве выпускников, обучающихся, научно-педагогических работников, направлений подготовки и так далее создаёт образ надёжного, масштабного и авторитетного вуза с богатой историей и значительным научным потенциалом, позволяет обеспечивать связь между выпускниками вуза с предприятиями реального сектора экономики (машиностроения, судо- и авиастроения, атомной энергетики) города и страны в целом. Специализированая лексика (аббревиатуры и термины), употребляемая на сайте, рассчитана на специалистов и абитуриентов, которые знакомы с этой сферой. Она подчёркивает серьёзность научно-исследовательской деятельности университета. На главной странице отсутствуют развёрнутые описания, что говорит о максимальной лаконичности информации. Визуальная составляющая сайта играет не менее значимую роль. В цветовой гамме сайта преобладают тёмно-синий (корпоративный) и белый цвета, оранжевый цвет используется для расставления акцентов. Синий цвет символизирует доверие, лояльность и профессионализм. Он олицетворяет стабильность, уверенность и контроль. Белый является символом чистоты и минимализма, помогает создать ощущение простора и подчёркивает официальность. Оформление текста на сайте обеспечивает читаемость и доступность информации. Более подробная информация размещена не на главной странице, а удобно структурирована по блокам. Таким образом, официальный сайт образовательной организации является неотъемлемой частью формирования её имиджа. Лингвистические средства, применяемые на сайте НГТУ им. Р. Е. Алексеева, наглядно демонстрируют статусность и масштабность высшего учебного заведения и создают образ крупного научно-образовательного центра. Визуальные приёмы поддерживают этот образ через строгую и официальную эстетику.

Также значимой составляющей создания и поддержания имиджа учебных заведений является наличие и ведение официальных аккаунтов в социальных сетях Telegram и MAX. Необходимость целенаправленного позиционирования на платформах социального взаимо-

действия обусловлена высокой активностью использования данных источников информации современной молодёжью и другой целевой аудиторией. В настоящее время ни один день школьника, студента или работника какой-либо организации не обходится без обращения к онлайн-сообществам. На примере НГТУ им. Р.Е. Алексеева в этом не трудно убедиться. Технический университет имеет аккаунты в различных социальных сетях таких, как Вконтакте, Дзен, Telegram, Rutube, которые активно ведутся на ежедневной основе. Освещение в социальных сетях активной деятельности студенческих объединений таких, как студенческие отряды, профсоюзная организация студентов и студенческий совет, сформированных на базе учебного заведения, даёт возможность учащимся развиваться не только в научной и профессиональной сфере, но и в творческих направлениях.

Проведённое исследование позволяет утверждать, что формирование имиджа образовательной организации в сети Интернет представляет собой сложный многофакторный процесс, требующий системного подхода и внедрения различных цифровых каналов. Комплексный подход, включающий не только наличие официального сайта, но и другие современные средства размещения информации, позволяет в более полном объёме рассказать об учебной организации как о достойном и конкурентоспособном участнике рынка образовательных услуг. На примере Нижегородского государственного технического университета имени Р. Е. Алексеева можно сделать вывод о том, что для формирования престижного имиджа необходимо грамотное оформление официального сайта, которое сумеет заинтересовать и привлечь молодое поколение, сотрудников и работодателей а также успешно разработанная стратегия подачи информации в социальных сетях.

Библиографический список

1. Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева : официальный сайт. – URL: https://www.nntu.ru/ (дата обращения: 26.03.2026).
2. Об образовании в Российской Федерации [Текст]: федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ // Собрание законодательства РФ. – 2012. - № 53 (ч.1). – Ст. 7598.
3. Лыскова, В. Ю. Социальные сети: применение в образовании, формирование имиджа университета / В. Ю. Лыскова, К. С. Вебер. – Текст: непосредственный // Преподавание информационных технологий в Российской Федерации : материалы Двенадцатой открытой Всероссийской конференции, 15-16 мая 2014 г., Казань. – Казань, 2014. – С. 211-213.

УДК 659.1

ТЮНДИНА А.Д.

ВЛИЯНИЕ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ НА ПРОДВИЖЕНИЕ БРЕНДОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В последние годы социальные сети стали привычной частью жизни большинства людей. Практически каждый студент и школьник ежедневно пользуется такими платформами как VK, Telegram и другими сервисами. По этой причине компании все чаще используют именно социальные сети для продвижения своей продукции и формирования узнаваемости бренда. На мой взгляд, главным преимуществом социальных сетей является возможность прямого общения с аудиторией. Организации могут не только размещать рекламу, но и отвечать на комментарии пользователей, проводить опросы и узнавать мнение своих клиентов. Это делает коммуникацию более живой и понятной по сравнению с традиционной рекламой. Клиент может задать уточняющие вопросы сразу, как только увидит рекламу, без обращения в поддержку. Облегченное получение информации увеличивает шанс продажи.

Также важную роль играет простота распространения информации. Например, если публикация оказывается интересной, пользователи могут делиться ею со своими друзьями. Таким образом реклама может распространяться без дополнительных затрат, что особенно важно для небольших компаний. Им не придется выделять большие деньги на продвижение своего продукта. Отдельно стоит отметить влияние блогеров и лидеров мнений. Многие пользователи доверяют рекомендациям людей, за которыми они следят в социальных сетях. Поэтому сотрудничество с такими авторами становится эффективным способом рассказать о продукте и привлечь внимание к бренду.

Таким образом можно сделать вывод, что социальные сети сегодня являются доступным, недорогим и удобным инструментом продвижения. Они помогают компаниям быстрее распространять информацию, повышать узнаваемость бренда и поддерживать связь со своей аудиторией. У большинства организаций, даже самых небольших, уже есть социальные сети. Можно предположить, что в дальнейшем их значение в сфере рекламы и связей с общественностью будет только увеличиваться.

Библиографический список

1. Котлер, Ф. Маркетинг менеджмент / Ф. Котлер, К. Л. Келлер. – СПб.: Питер, 2021. – С. 49.
2. Чумиков, А. Н. Связи с общественностью: теория и практика / А. Н. Чумиков. – М.: Аспект Пресс, 2020. – С. 125.
3. Багиев, Г. Л. Маркетинг / Г. Л. Багиев, В. М. Тарасевич. – СПб.: Питер, 2019. – С. 82.

УДК 339.138

ФЕДОСКИНА А.А.

ГЕНЕРАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ В GIGACHAT: ВОЗМОЖНОСТИ И ОГРАНИЧЕНИЯ В РЕКЛАМНОЙ КОММУНИКАЦИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Создать картинку с нуля по свободному запросу; применить стили к изображениям; сгенерировать эскизы и идеи для логотипов, иллюстраций и презентаций – это малая часть того, что могут сделать для нейросети в сфере рекламы. Сегодня мультимедийные нейросети, такие как как GigaChat, сделали большой шаг вперед, став не просто «технологической игрушкой», а полноценным бизнес-инструментом. Теперь для создания уникального мультимедийного контента не обязательно быть профессиональным дизайнером, достаточно научиться пользоваться AI-помощником и правильно выстраивать текстовые запросы.

GigaChat (интегрированная в него модель Kandinsky) – это российская нейросеть, разработанная в рамках экосистемы «Сбера», которая была выпущена 24 апреля 2023 года. В настоящее время количество активных пользователей превышает 17 млн человек из России и стран мира [1].

Главным преимуществом GigaChat перед зарубежными аналогами, такими как Midjourney, Gemini, Grok, является глубокое понимание русского языка, а также культурного кода нашей станы. Рекламщику не нужно переводить сложные запросы на английский язык. Нейросеть корректно воспринимает текст на русском языке.

Создание визуальной концепции для любого типа клиента теперь занимает минуты. GigaChat позволяет мгновенно генерировать десятки вариантов визуального оформления для рекламных баннеров, постов в соцсетях или лендингов. Это сокращает цикл согласования идей внутри команды, а также позволяет быстро редактировать, адаптировать и исправлять визуал под пожелания и требования клиента. Использование генеративного контента также

получить уникальное изображение, которое создано под конкретный запрос, а также упрощает работу с интеллектуальной собственностью в рамках внутреннего рынка.

Несмотря на широкие возможности, GigaChat сегодня обладает рядом ограничений. AI-помощник испытывает трудности с генерацией четкого, читаемого текста. Создать баннер, где сразу будет идеально вписан слоган без опечаток, практически невозможно. При генерации сложных сцен нейросеть может некорректно отображать мелкие детали, например, кисти рук или искажение геометрии. Для долгосрочных рекламных кампаний важно сохранять одного и того же героя. В текущих версиях GigaChat сложно добиться стопроцентной идентичности лица персонажа на разных изображениях без использования дополнительных инструментов. Если планируемая задача требует нестандартных разрешений, изображение придется достраивать, что может привести к потере качества.

Учитывая стремительные темпы развития генеративных нейросетей и постоянное совершенствование GigaChat, можно уверенно прогнозировать, что в ближайшей перспективе большинство текущих ограничений будут сняты. Каждое обновление модели приближает ее к статусу полноценного соавтора рекламного специалиста, берущего на себя большую долю технической рутины. В этом симбиозе рекламщик сохранит за собой ключевые компетенции: понимание стратегии бренда, аналитику аудитории, эмоциональный интеллект и способность принимать нестандартные решения.

Библиографический список

1. GigaChat. – Режим доступа: https://giga.chat/ (дата обращения 25.03.2026).
2. Скобелева, Е. И. Управление рекламной коммуникацией как условие эффективного взаимодействия с целевыми аудиториями / Е.И. Скобелева, М.В. Прохорова, Н.В. Скобелева // Актуальные вопросы экономики, менеджмента и инноваций. – Н. Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2020. – С. 99-102.

УДК 339.138

ФЕДОСКИНА А.А.

ВИРТУАЛЬНАЯ ПРИМЕРКА НА WILDBERRIES: КАК НЕЙРОСЕТИ МЕНЯЮТ ОНЛАЙН-ШОПИНГ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Нейросети проникают во все сферы нашей жизни, преобразуя привычные процессы. Маркетплейсы не остаются в стороне: 3 февраля 2026 года Wildberries официально запустил новую функцию «Клиентская примерка». Теперь покупатели могут примерить одежду прямо в приложении, не заказывая товар. Для этого достаточно загрузить свою фотографию, и искусственный интеллект (ИИ) покажет, как вещь смотрится на вас. В отличие от традиционных фоторедакторов, требующих длительной ручной работы, нейросети создают новые, реалистичные изображения за считанные секунды [1].

«Клиентская примерка» базируется на сложных диффузионных моделях и алгоритмах компьютерного зрения. ИИ накладывает цифровой двойник вещи на загруженное фото пользователя, учитывая освещение, позу и даже такие детали, как рост, пропорции тела и особенности материала (например, как падает тень на шелк или тянется трикотаж). Это создает максимально реалистичный эффект примерки одежды.

Новая функция решает глобальную проблему онлайн-шопинга – страх несоответствия ожиданий реальности. Теперь не нужно заказывать множество товаров «на примерку», чтобы понять, подходит ли фасон. Пользователи могут смелее экспериментировать со стилем и

видеть свой новый образ за считанные секунды. Главный плюс: уверенность в покупке повышается, что снижает стресс при получении заказа.

Для Wildberries и продавцов внедрение нейросети – это не просто инновация, а мощный инструмент оптимизации бизнес-процессов. Сокращение числа возвратов напрямую снижает логистические издержки и высвобождает складские мощности, которые ранее были заняты обработкой обратных поставок. Это позволяет селлерам уменьшить закладываемый в цену товара процент логистических рисков, делая предложение более конкурентным. Кроме того, новая функция помогает защитить окружающую среду: снижение количества перевозок (как прямой доставки «на примерку», так и обратного ретурна) ведет к уменьшению выбросов CO_2 и сокращению вредных веществ, попадающих в атмосферу от работы грузового транспорта. Таким образом, технология вписывается в глобальную ESG-стратегию маркетплейса, поддерживая принципы устойчивого развития [2].

Хотя технология находится на этапе активного совершенствования и могут быть небольшие погрешности в передаче очень сложных фактур, скорость обучения ИИ поражает. Ожидается, что уже через несколько месяцев точность «цифрового зеркала» станет практически неотличима от реальности и будет добавлена ко всем категориям товаров.

Запуск виртуальной примерки на Wildberries – это не просто нововведение, это наглядное подтверждение того, что нейросети прочно входят в нашу повседневную жизнь, меняя правила игры в ритейле.

Библиографический список

1. Примерка на фото для покупателей. – Режим доступа: https://seller.wildberries.ru/instructions/ru/ru/material/virtual-fitting-for-buyers (дата обращения 27.03.2026).
2. Прохорова, М.В. ESG-коммуникации как инвестиция в социальный капитал компании / М.В. Прохорова, Е.И. Скобелева, А.Д. Сидорова // Социальный и человеческий капитал российского общества: состояние в условиях глобальных и национальных вызовов. – Ульяновск: Ульяновский государственный технический университет, 2025. – С. 453-458.

УДК 659.4

ЧЕМЕРИЦКАЯ В.М.

ФОРМИРОВАНИЕ ИМИДЖА КОМПАНИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В современных условиях рыночной экономики формирование устойчивого положительного имиджа компании становится одним из ключевых факторов конкурентоспособности, особенно в реальном секторе экономики, где высока степень доверия между контрагентами. Имидж предприятия представляет собой сложную многокомпонентную структуру, включающую корпоративную культуру, репутацию, визуальную идентификацию, качество продукции и уровень социальной ответственности.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью систематизации подходов к управлению репутационными рисками и выстраиванию долгосрочных коммуникаций с целевыми аудиториями: инвесторами, партнерами, государственными структурами и персоналом. В работе рассматриваются традиционные и цифровые инструменты формирования имиджа: от медиапланирования и работы с отраслевыми изданиями до управления репутацией в профессиональных онлайн-сообществах и корпоративных блогах.

Особое внимание уделяется анализу кейсов промышленных предприятий Нижегородского региона, демонстрирующих успешную трансформацию имиджа в условиях импорто-

замещения и цифровизации. Выявлено, что ключевыми драйверами позитивного восприятия выступают открытость коммуникационной политики, участие в отраслевых конференциях, развитие кадрового бренда и внедрение ESG-принципов.

Практическая значимость работы заключается в разработке рекомендаций по формированию интегрированной коммуникационной стратегии, адаптированной к специфике предприятий реального сектора экономики. Предложенный подход позволяет повысить инвестиционную привлекательность компании и укрепить ее позиции на рынке.

Библиографический список

1. Котлер Ф. Маркетинг менеджмент / Ф. Котлер. – СПб.: Питер, 2021. – 800 с.
2. Даулинг Г. Репутация фирмы: создание, управление и оценка эффективности / Г. Даулинг. – М.: ИНФРА-М, 2020. – 368 с.
3. Аакер Д. Создание сильных брендов / Д. Аакер. – М.: Гребенников, 2019. – 440 с.

УДК 005.57

ШАПКИНА Е.И.

УПРАВЛЕНИЕ КОММУНИКАЦИЯМИ В СФЕРЕ БИЗНЕСА И ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА (НА ПРИМЕРЕ КОМПАНИИ «ВКУСВИЛЛ»)

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В условиях цифровой трансформации экономики эффективное управление коммуникациями становится важнейшим фактором успешного развития бизнеса. Особенно это актуально для компаний розничной торговли, ориентированных на клиента, таких как сеть магазинов «ВкусВилл». Современные потребители предъявляют высокие требования к качеству сервиса, скорости обратной связи и прозрачности деятельности компаний.

Компания «ВкусВилл» является одним из лидеров российского рынка натуральных продуктов питания. Ключевой особенностью ее бизнес-модели выступает клиентоцентричность, которая реализуется через выстроенную систему коммуникаций с потребителями и внутри организации.

Внутренние коммуникации в компании основаны на принципах горизонтального управления, доверия и открытости. Сотрудники активно используют цифровые платформы и корпоративные сервисы для обмена информацией, что позволяет оперативно реагировать на изменения и снижать управленческие издержки. Минимизация иерархии способствует ускорению принятия решений и повышению вовлеченности персонала.

Внешние коммуникации «ВкусВилл» строятся на основе омниканального подхода. Компания взаимодействует с клиентами через мобильное приложение, сайт, социальные сети и офлайн-магазины. Особую роль играет система сбора обратной связи: отзывы клиентов анализируются в режиме реального времени и напрямую влияют на ассортимент, качество продукции и уровень сервиса.

Значимым элементом коммуникационной стратегии является прозрачность бизнеса. Компания открыто публикует информацию о составе продукции, поставщиках и результатах проверок качества. Такой подход формирует высокий уровень доверия со стороны потребителей и способствует укреплению бренда.

Таким образом, опыт компании «ВкусВилл» демонстрирует, что эффективное управление коммуникациями, основанное на цифровизации, открытости и ориентации на клиента, позволяет повысить конкурентоспособность бизнеса, улучшить клиентский опыт и обеспечить устойчивое развитие компании в условиях динамичной рыночной среды.

Библиографический список

1. Котлер Ф. Маркетинг менеджмент. – СПб.: Питер, 2020. – 800 с.
2. Дафт Р. Теория организации. – М.: Юрайт, 2019. – 512 с.
3. Официальный сайт компании «ВкусВилл» – https://vkusvill.ru

УДК 659.1

ЯГНЕНКОВ П.А.

РАЗРАБОТКА СТРАТЕГИИ ПРОДВИЖЕНИЯ БРЕНДА В СФЕРЕ МАЛОГО БИЗНЕСА (НА ПРИМЕРЕ КОМПАНИИ STARBUCKS)

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

В условиях усиления конкуренции и цифровизации экономики малые предприятия сталкиваются с необходимостью формирования эффективных стратегий продвижения бренда. Ограниченность ресурсов требует адаптации инструментов маркетинга, применяемых крупными компаниями, под масштабы малого бизнеса. В качестве примера может рассматриваться стратегия компании Starbucks, которая демонстрирует комплексный подход к формированию бренда и клиентского опыта.

Бренд в современной трактовке представляет собой совокупность устойчивых ассоциаций, формирующихся у потребителя относительно компании, её ценностей и продукта [1, с. 49]. Для малого бизнеса ключевым фактором является формирование чёткого позиционирования и эмоциональной связи с целевой аудиторией. Starbucks реализует данную стратегию через концепцию «третьего места», предполагающую создание пространства между домом и работой, что усиливает эмоциональную привязанность клиентов к бренду [2, с. 28].

Особое значение в продвижении бренда имеют цифровые коммуникации. Starbucks активно использует цифровую экосистему, включая мобильное приложение, персонализированные предложения и программу лояльности, что способствует удержанию клиентов и повышению их вовлечённости [3, Эл. ресурс]. Согласно официальным данным компании, ключевым направлением стратегии является интеграция онлайн- и офлайн-опыта клиента, обеспечивающая единое пространство взаимодействия с брендом [3, Эл. ресурс]. Для малого бизнеса данный подход может быть адаптирован через использование доступных цифровых инструментов, таких как социальные сети и простые CRM-системы.

Дополнительно важным элементом является персонализация взаимодействия с клиентами. Индивидуальный подход и высокий уровень сервиса позволяют формировать устойчивую клиентскую лояльность. В условиях малого бизнеса это достигается за счёт прямого контакта с потребителем и гибкости в обслуживании, что усиливает конкурентные преимущества даже при ограниченных ресурсах.

Таким образом, стратегия продвижения бренда компании Starbucks демонстрирует эффективность интеграции эмоционального маркетинга, цифровых технологий и клиентского опыта. Адаптация данных инструментов к условиям малого бизнеса позволяет повысить конкурентоспособность и сформировать устойчивый бренд.

Библиографический список

1. Котлер, Ф. Маркетинг менеджмент / Ф. Котлер, К. Л. Келлер. – 15-е изд. – СПб.: Питер, 2022. - 236 с.
2. Michelli, J. A. *The Starbucks Experience: 5 Principles for Turning Ordinary into Extraordinary*. – New York: McGraw-Hill, 2007. - 128 с.
3. StarbucksCorporation [Электронный ресурс]. – URL: https://www.starbucks.com (дата обращения: 29.03.2026).

СЕКЦИЯ 13

НАУЧНОЕ ОБЩЕСТВО УЧАЩИХСЯ

УДК 54

АНИСИМОВА Е.С., КОЗОЧКИНА К.А.

РАЗЛИЧИЯ ХИМИЧЕСКИХ СОСТАВОВ И СВОЙСТВ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ОТДЕЛКИ МДФ ПОВЕРХНОСТЕЙ

МБОУ «Лицей №8 имени академика Е.К. Фёдорова», г. Нижний Новгород

Актуальность научно-исследовательской работы обусловлена необходимостью повышения качества и долговечности покрытий МДФ фасадов, а также учёта экологических требований и разнообразия лакокрасочных материалов (ЛКМ), применяемых в мебельной промышленности. Цель исследования – изучить эффективные технологии нанесения ЛКМ на МДФ поверхности для повышения их долговечности и устойчивости к внешним воздействиям. Объект исследования: сравнение акриловых и полиуретановых лаков и красок, их параметры и характеристики покрытий. Предмет исследования: свойства ЛКМ и их нанесение на МДФ поверхность. Гипотеза исследования: если выявить преимущества и недостатки акриловых и полиуретановых лаков и красок, наносимых на МДФ поверхности, выбирая правильный способ подготовки основы и нанесения ЛКМ, то это может привести к повышению качества и экономичности процесса.

В теоретической части работы рассмотрены два класса ЛКМ: полиуретановые (алкидуретаны) и акриловые (акрил-уретаны). Полиуретановые материалы образуют покрытия с высокой износостойкостью, атмосферо- и влагостойкостью, устойчивы к действию растворителей. Однако их существенный недостаток – пожелтение под воздействием УФ-излучения, связанное с наличием алкидных смол и ароматических полиизоцианатов. Акриловые ЛКМ на основе акриловых сополимеров и алифатических полиизоцианатов отличаются высокой светостойкостью, не желтеют с течением времени, имеют высокую эластичность, что позволяет покрытию выдерживать значительные перепады температур и влажности. Благодаря небольшому сухому остатку акриловые материалы выгодно подчёркивают поры дерева.

Экспериментальная часть выполнялась на МДФ фасадах, облицованных шпоном. Подготовка поверхности включала обдув для удаления пыли, шлифовку орбитальной шлифмашинкой для создания шероховатости (улучшение адгезии), обезжиривание ацетоном. Затем наносился изолирующий грунт (грунт-изолянт, отвердитель, разбавитель – 100%/50%/20%) с сушкой 3–4 часа при 20 °С и влажности 50 %, после чего проводилась шлифовка. Второй слой грунта (белый грунт, отвердитель, разбавитель – 100%/50%/30%) сушился 6–8 часов «по сухому». Финишная шлифовка выполнялась диском Р240 и четырёхсторонней губкой. Приготовление белой эмали осуществлялось в соотношении эмаль: отвердитель: разбавитель = 100%:50%:30%. Вязкость контролировалась вискозиметром типа «чашка Форда». Нанесение выполнялось пневматическим краскопультом в 2–3 слоя.

Оценка качества покрытий проводилась инструментальными методами. Гигрометр показал влажность 4 % на обоих типах покрытий (допустимое значение). Колориметром установлено: акриловое покрытие (эталон) имеет чисто белый цвет, полиуретановое – выраженный желтоватый оттенок, что подтверждает склонность полиуретан-алкидов к пожелтению. Блескомер показал, что акриловая поверхность более матовая (36,4°), а полиуретановая – более глянцевая (7,4°). Измерение толщины слоя гребёнкой выявило, что акриловое покрытие

имеет меньшую толщину по сравнению с полиуретановым. Таким образом, акриловые ЛКМ превосходят полиуретановые по устойчивости к УФ-излучению, отсутствию пожелтения и эластичности, а также обеспечивают более тонкий и матовый слой.

Практическая значимость работы заключается в выборе наиболее подходящего состава (акрилового) и эффективных технологий нанесения, обеспечивающих улучшение качества покрытий, продление срока службы изделий и снижение негативного влияния на окружающую среду. По результатам исследования разработана памятка «Акриловые и полиуретановые покрытия на МДФ: руководство по выбору, свойствам и различиям», которая может быть использована как в мебельном производстве, так и в быту.

УДК 674 (09)

БАКИН Е.Д., МИНУТИН С.А.

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ – ЭТО ПРОСТО ДИАПАЗОН РАСШИРЕНИЯ СОЗНАНИЯ ЧЕЛОВЕКА

МБОУ ДО «ЦВР «Ровесник» г. Заволжье
МБОУ СШ № 17 им. Арюткина Н.В. г. Заволжье

Без книги жизнь исчезает в прошлом как память,
а в настоящем жизнь без изображения не наблюдаема.
Андрей Битов

Есть отрасли научной деятельности, которые могут быть заняты только человеком. Наука об искусственном интеллекте и связанной с ним цифровизацией общества, то есть всех граней его жизни – это наука только о человеке. Но это не ново. Человек сам по себе не нов, новое в человеке – это новый способ осмыслить себя. Человечество не впервые загоняет себя в угол очередной технологией управления, но у человека, загнанного в угол, появляется цель, и она связана с нападением на угрозу для своей защиты. История хранит имена Спартака, Пугачёва, Разина, декабристов, Ленина и других выдающихся общественных деятелей именно за стремление пробудить, открыть обществу глаза на окружающую их действительность.

«Новая» наука об искусственном интеллекте (ИИ) подобна «старой» науке литературоведения и искать будущую пользу от ИИ надо в аналогиях с литературоведением. Литературоведение отличается от всех прочих наук тем, что оно хранит всё.

Замечательный русский мыслитель и писатель Андрей Битов в статье «Прорванный круг» /журнал «Новый мир», 1986, № 12/ писал о различии творчества и тех, кто его изучает: «…литературоведению недоступен эксперимент… Мы изучаем то, чего не умеем, но, и изучив, не научаемся… Однако эксперимент есть опыт, опыт есть удел каждого человека, а литература лишь человеком и занята… Эксперимент – попытка воспроизвести частично природный процесс своими усилиями – не входит в практику литературоведения, применяется тем не менее не так уж и редко». Человек, «закусив удила» ИИ, тоже пытается экспериментировать с природой.

Конечно, желание экспериментировать родилось не вчера, но, пожалуй, только в XX веке многие «вечные» темы, особенно, «дорог и дураков», сошли на нет, но получили новое звучание в одном слове: «эксперимент».

Первыми о бесконечно текущем эксперименте, проводящемся в России, берущем своё начало с петровских Табеля о рангах и прорубания «Окна в Европу», догадались поэты, а затем их мысли стали перекладывать на язык прозы и даже документов литераторы. Например, поэт Геннадий Шпаликов написал несколько стихотворений про эксперименты, ведущиеся над народом:

Живу веселым, то печальным
В квартале экспериментальном.
Горжусь я тем, что наши власти
На мне испытывают пластик.

Этот стихотворение написано в середине XX века, как и следующее его же стихотворение:

Может, я не доживу
До того момента,
Как увижу наяву
Цель эксперимента.

Может, я не дотяну
В будущее ногу,
Мне полёты на Луну
Лично не помогут.

Человечество уже давно стало и целью, и средством эксперимента над самим собой. Возможно это очередная спираль эволюции: рабство, крепостничество, капитализм, социализм, коммунизм, цифровизация…, но человеку не нужно забывать, что он в сравнении с гением природы – карлик. Человек может изучать литературное наследие Пушкина, Толстого, Чехова, но ими он стать не сможет. Человек – это карлик ИИ или гений от природы?

У ИИ, как и у людей-творцов, нет ограничений, но есть диапазон. С диапазона начинается самое интересное и в жизни человека в «обнимку» с ИИ.

Андрей Битов отмечал: «Диапазон, за пределами которого расположено не то, что «нельзя», а то, что невозможно для изображения: там исчезает художественная правда. Исчезает, между прочим, почему-то не только вместе с художественностью, но и вместе с правдой. Раздвинуть этот диапазон под силу лишь очень большому таланту, либо очень значительной личности – тут требуется обеспечение». Проще говоря, можно всё время путать крик ослика «ИЯ, ИЯ» с ИИ, а можно расширять диапазон… Пока в науке об ИИ мы видим в основном «ИЯ».

Что такое ИИ сегодня, а главное для чего? Только для коммерции. Для создания информационных баз с целью их продажи или иного использования; для воровства денежных и иных материальных ресурсов через использование виртуального пространства, для убийства людьми друг друга и прочего бизнеса. Но самое главное, что всё это – те красные флажки, за которые «большой бизнес и наука об ИИ» не выпускает человечество, видимо, считая, что человечество ещё недостаточно много заплатило за эту «новую» технологию. Недостаточно настрадалось, чтобы перейти к новому качеству своих чувств и вырваться из очередного «изма». И человечество ещё не способно родить Спартака, Пугачёва, Ленина… По этой причине, пока ИИ тянет человечество вниз, как тянул вниз могучие империи рабовладельческий строй, затем феодальный, и похоже, что сегодня человечество переживает последние судороги капитализма.

Россия сегодня с какой-то яростью вновь стремится догнать и обогнать весь мир в сфере цифровизации. И это на фоне того, что весь мир от неё уже начал отказываться в сфере образования, здравоохранения и т.д., обнаружив сдерживающие эволюцию человека факторы. Но и это не впервые. Но есть нюанс: чтобы высоко подняться, надо низко пасть. Это внушает оптимизм. Современное восхищение ИИ и у нас, у россиян, должно перейти в депрессию эволюции и вот тогда мы вновь вспомним Максима Горького и его знаменитое: «Буря, скоро грянет буря…».

А пока, как отмечал ещё один русский писатель Юрий Тала-Талюк в книге «Демоны поиска»: «Наш успех, Максимка, живёт внутри человека, там, где его терзают недремлющая

склонность к наслаждениям и страх. Есть, конечно, физиологические потребности, но это такая вещь, которую можно оставить в стороне – она величина постоянная. Человек должен питаться, чтобы работать и получать деньги, ну а мы должны эти деньги забирать, чтобы контролировать весь процесс, создавая у потребителя непреодолимую зависимость от нас».

Несомненно, искусственный интеллект велик, но то, что именуется жизнью, во много раз больше!

УДК 535.34: 535.33

БАКУМКИН Е.С., ГАВРИЛОВА А.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИСПЕРСИОННЫХ СПЕКТРОВ ИЗЛУЧЕНИЯ И ПОГЛОЩЕНИЯ

МБОУ школа № 34, г. Нижний Новгород

Целью нашей работы стало изучение теоретических основ спектрального анализа, получение и измерение ширины полос пропускания и поглощения с разными светофильтрами, и выявление основных перспектив и проблем оптических методов изучения структуры вещества. Актуальность темы обусловлена разработкой современных физических и физико-химических методов создания новых конструкционных материалов, и способов их эксплуатации. При этом необходим контроль над соблюдением технологических этапов производства (в том числе роботов). Одним из самых распространённых и надёжных методов исследования качества полученной продукции являются спектральные методы. Объектами исследования были различные светофильтры и получаемые с их помощью спектры поглощения и пропускания. В ходе эксперимента на модели спектрального анализа с помощью светофильтров необходимо было найти соответствие с известными спектрами поглощения (гипотеза) и установить соответствие с полученными экспериментальными данными.

Задачи, стоящие перед нами при выполнении данного исследования: анализ источников информации, связанных с физическими основами спектрального анализа; выяснение методов изучения; разбор вопросов спектра излучения и поглощения; изучение принципа работы призменного спектроскопа, в том числе его безопасности при эксплуатации; исследование общественного мнения по вопросам изучения структуры вещества.

Нами изучен теоретический материал о спектральных методах контроля качества материалов в производстве, что делает изучение основ спектрального анализа важным для современной науки и техники. Ознакомились с принципом работы призменного спектроскопа и провели эксперимент: изучены линейчатые спектры паров ртути, проградуирован призменный спектроскоп с микрометрической шкалой. Изучен сплошной спектр, получаемый от лампы накаливания. Построены графики зависимости: длины волны от делений шкалы спектроскопа; коэффициента поглощения от делений шкалы спектроскопа, от длины волны для 3-х светофильтров. При прохождении света через красный светофильтр проходят лучи в основном красного цвета около 690 нм, вся часть спектра от фиолетового до оранжевого практически поглощается. Получены спектры поглощения и пропускания при работе с различными светофильтрами. Так красный светофильтр дал по одной полосе пропускания и поглощения, а фиолетовый – две полосы пропускания и одну полосу поглощения в области жёлтого цвета, зелёный – две полосы поглощения в области сине-фиолетового цвета и красной области, и одну полосу пропускания, которые при сравнении получились похожими на пики поглощения хлорофилла. Таким образом, спектроскоп успешно проградуирован, полученные дисперсионные спектры поглощения и испускания соответствуют цвету каждого фильтра.

УДК 66

БЕКИШЕВ И.А., КОЗОЧКИНА К.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ИНТЕРКАЛИРОВАННОГО ГРАФИТА И ПЕНОГРАФИТА

МБОУ «Лицей № 8 имени академика Е.К. Федорова», г. Нижний Новгород

Актуальность работы определяется комплексом факторов. Во-первых, Россия, будучи одним из мировых лидеров в добыче и транспортировке нефти, сталкивается с инцидентами АРН ежегодно. Во-вторых, освоение месторождений часто происходит в регионах с суровым климатом, где низкие температуры выступают ключевым лимитирующим фактором для технологий очистки

Проблемный вопрос: влияет ли степень интеркаляции графита на свойства получаемого пенографита?

Цель – синтезировать образцы окисленного графита с различной степенью окисления и исследовать их свойства для оценки возможности применения в качестве сорбентов нефти при низких температурах.

Гипотеза: варьируя степени окисления интеркалированного графита, можно изменять свойства получаемого пенографита.

Методы: теоретический анализ литературы, химический эксперимент в контролируемых условиях, наблюдение, качественное и количественное сравнение результатов.

Результаты.Наилучшие показатели наблюдались у пенографита полученного из ИГ 1 стадии: насыпная плотность 3,36 г/л, сорбирует 36г нефти на 1г собственного веса. Свойства интеркалированного графита разных стадий различались: чем больше стадия, тем хужек свойства. Увеличение количества окислителя в 2 раза повышает сорбционную ёмкость до 44 г/г и уменьшает насыпную плотность. Дальнейшее увеличение (в 4 раза) приводит к ухудшению свойств.

Таблица 1

Приросты масс ОГ первой, второй, третьей степени интеркаляции

Степень интеркаляции	Масса ОГ(г)	Прирост массы (г)	Прирост массы (%)	Насыпная плотность (г/л)	Сорбционная емкость (г/г)
I	6,8	1,8	36	3,36	36,67
II	5,235	0,235	4,7	8,475	22
III	5,08	0,08	1,6	18,03	12

Выводы

1. Можно влиять на свойства получаемого пенографита, варьируя степень окисления.
2. Наилучшая степень окисления графита – первая.
3. Увеличение количества окислителя в 2 раза улучшает свойства, дальнейшее увеличение приводит к ухудшению свойств.
4. Доказано, что материал сохраняет эффективность при низких температурах и в морской воде.
5. Пенографит является перспективным сорбентом для нефти при ее разливах, в особенности в условиях низких температур.

УДК 621.74, 658.562

БЕСПЯТЫХ А.И. ГЕЙКО М.А.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ 3D-СКАНИРОВАНИЯ В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

МБОУ «Школа №15», г. Нижний Новгород
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Актуальность 3D-сканирования в литейном производстве обусловлена необходимостью повышения эффективности и качества производства при одновременном снижении издер-

жек. В условиях современного рынка, где требуются короткие сроки разработки и производства, а также высокая точность и качество изделий, применение традиционных методов проектирования зачастую оказывается неэффективным. 3D-сканирование позволяет значительно сократить время на создание CAD-моделей, оптимизировать литниково-питающие системы, контролировать качество отливок и восстанавливать утраченную документацию на устаревшие изделия.

В современном производстве нередко возникают ситуации, при которых 3D-сканирование является оптимальным, а иногда и единственным способом решения различных задач. В машиностроении с его помощью получают цифровые копии макетов в ходе поиска формы новых изделий. Кроме того, 3D-сканирование полезно при разработке, модернизации и ремонте оборудования. Наиболее типичными случаями применения 3D-сканирования в литейном производстве являются ситуации, когда деталь нужна срочно, но:

- производитель прекратил свою деятельность;
- такие детали больше не выпускаются;
- слишком велики сроки поставок или завышена цена;
- проектная документация утрачена или таковая вообще никогда не создавалась;
- требуется анализ геометрии и расчет напряжений после длительной эксплуатации;
- необходим анализ продукции конкурентов [1,2]. С помощью 3D-сканирования получают цифровые 3D-модели, по которым с помощью аддитивных технологий может быть быстро изготовлена новая деталь.В качестве изделия для получения его цифровой модели методом 3D-сканирования выбран «Корпус тормозного цилиндра».

Выводы

1. Результат 3D-сканирования во многом зависит от объекта сканирования и оборудования, применяемого для сканирования.

2. 3D-сканирование не дает точного результата, по ряду причин, например часто возникают проблемы со сканированием внутренних карманов и отверстий. Некоторые поверхности могут частично или полностью отсутствовать.

4. Полученная с помощью сканирования полигональная модель нуждается в доработке.

5. Доработку полигональной модели зачастую удобно проводить в разном программном обеспечении (от простого к сложному).

Применение 3D – сканирования в литейном производстве позволяет в некоторых случаях значительно сократить время на создание 3D-моделей, оптимизировать конструкции отливок и литейных форм, а также контролировать качество продукции. Несмотря на существующие проблемы и ограничения, развитие технологий 3D-сканирования, программного обеспечения и интеграция с другими передовыми технологиями позволяют успешно применять эти технологии в литейном производстве.

Библиографический список

1. Рэдвуд Б., Шофер Ф., Гаррэт Б. 3D-печать. Практическое руководство / пер. с анг. М. А. Райтмана. - М.: ДМК Пресс, 2020. - 220 с.: ил.
2. Гибсон Я., Розен Д., Стакер Б. Технологии аддитивного производства. Трехмерная печать, быстрое прототипирование и прямое цифровое производство, М.: ТЕХНОСФЕРА, 2020. – 648 стр.

УДК 621

ВАГАНОВА З.А., ТРОФИМОВА И.Г.

СОЗДАНИЕ ИНДИКАТОРА ОСВЕЩЕННОСТИ НА БАЗЕ ФОТОРЕЗИСТОРА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕГО ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ В ДОМАШНИХ УСЛОВИЯХ

МАОУ «Школа с углублённым изучением отдельных предметов №85», г. Нижний Новгород

Цель: разработать индикатор освещенности на основе фоторезистора (LDR) и экспериментально определить его чувствительность в домашних условиях.

Фоторезистор – полупроводниковый элемент, сопротивление которого падает при попадании света. Для исследования собрана схема: источник питания 3 В, фоторезистор, резистор и светодиод. Схема сборки и внешний вид собранного устройства представлены на рис. 1 и 2.

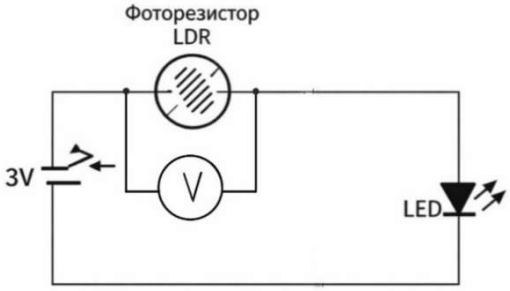


Рис. 1.

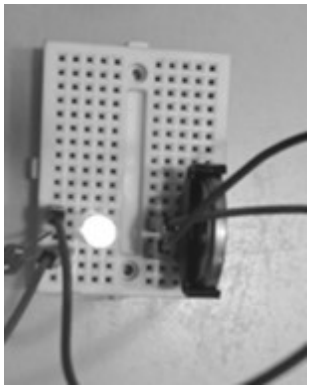


Рис. 2

Эксперимент и результаты. Проведены замеры сопротивления при различных условиях освещения. Измерения фиксировались мультиметром в режиме омметра. Для наглядности на рис. 3 и 4 представлена работа индикатора при разной освещенности: в темноте светодиод гаснет, на свету загорается

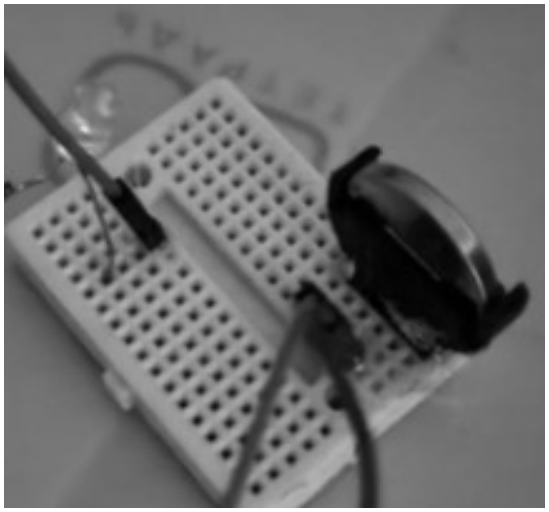


Рис. 3

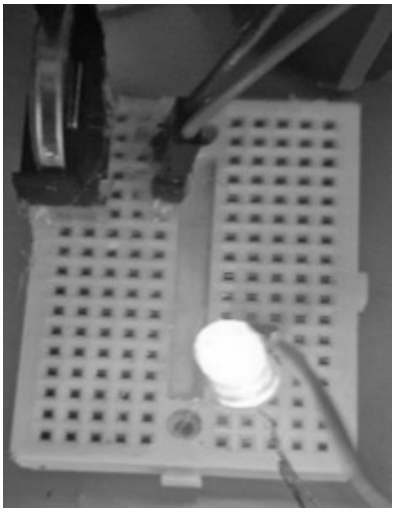


Рис. 4.

Результаты измерений сведены в табл. 1. Полученные данные подтверждают обратную зависимость: с увеличением светового потока сопротивление фоторезистора падает. Форма экспериментальной кривой совпадает с теоретической ($R = k \cdot E^{-\alpha}$), что видно на рис.5.

Таблица 1

Условия освещения	Цветовая температура	Сопротивление (Ом)	Световой поток (лм)
Темнота	----------	0,16	0
Фонарик (10см)	Нейтральный	0,14	20
Фонарик (10см)	Нейтральный	0,14	40
Фонарик (10см)	Нейтральный	0,13	60
Фонарик (10см)	Нейтральный	0,13	80
Фонарик (10см)	Нейтральный	0,13	100
Лампа (10см)	Нейтральный	0,09	1300

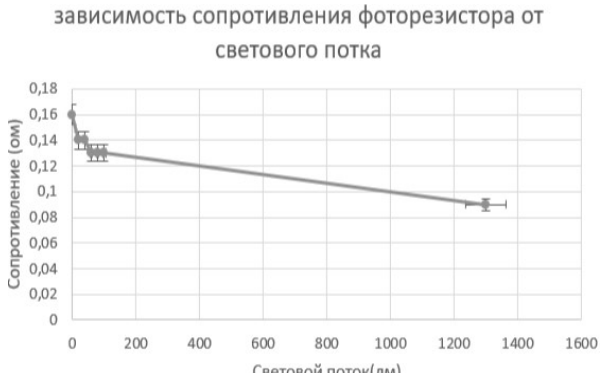


Рис. 5

Вывод. Разработанный индикатор работоспособен и наглядно демонстрирует чувствительность фоторезистора. Устройство может применяться в системах «умного дома» и учебных проектах по электронике.

Библиографический список

1. Фоторезисторы https://radioskot.ru/publ/teoria/fotorezistory
2. Что такое фоторезистор, принцип работы и область применения https://dzen.ru/a/XG2BgBudjACuGyBa
3. Фоторезистор–Рувики:Интернет-энциклопедияhttps://ru.ruwiki.ru/wiki/Фоторезистор

УДК 656.3

ВЕСЕЛОВ А.С., АНДРЕЯНОВ А.Е., ВИХАРЕВ Д.Р., ВОРОБЬЕВА Е.Д., КАТЫШЕВ Е.В., КИСЕЛЕВ Е.В., РОМАНОВ М.В., ЦЕЛИКОВ С.Д.

ПОЛЯРНЫЙ ЭКСПРЕСС НА МАГНИТНОМ ПОДВЕСЕ

МАОУ «Уренская средняя общеобразовательная школа №1», г. Урень

Логистика в Арктике включает процессы транспортировки грузов, обеспечения жизнедеятельности арктических регионов и освоения природных ресурсов региона. Особенности логистики в Арктике связаны со сложными климатическими условиями, удалённостью регионов и необходимостью учитывать сезонность навигации. В некоторых районах железнодорожная инфраструктура отсутствует, что делает морской транспорт единственным вариантом для доставки крупных партий грузов. Однако сухопутные транспортные маршруты в Арктике имеют ограничения: отсутствие развитых дорожных сетей и сложности в поддержании проходимости дорог в условиях сильных морозов и ледяных покровов [1].

Левитация сверхпроводника в магнитном поле- явление, при котором образец сверхпроводящего материала «парит» над магнитом или движется по намагниченному треку

Поезд на магнитной подушке, магнитопла́нили маглев – транспортный термин, поезд и трамвай, удерживаемый над полотном дороги, движимый и управляемый силой электромагнитного поля. Такой состав, в отличие от традиционных поездов и трамваев, в процессе движения не касается поверхности рельса [2].

Мы предлагаем использовать поезд на сверхпроводящих магнитах: размещаем внизу платформы сверхпроводник, а на рельсах создается бегущее магнитное поле, которое кроме эффекта левитации еще позволяет платформе двигаться.

Концепция применения:

Создается железнодорожная ветка от места добычи полезных ископаемых к грузовому порту, и данный состав курсирует с грузом к порту и возвращается обратно. Также систему можно сделать беспилотной, что позволит упростить техническое устройство поезда [3].

В программе Blender был создан анимированный макет нашего поезда.

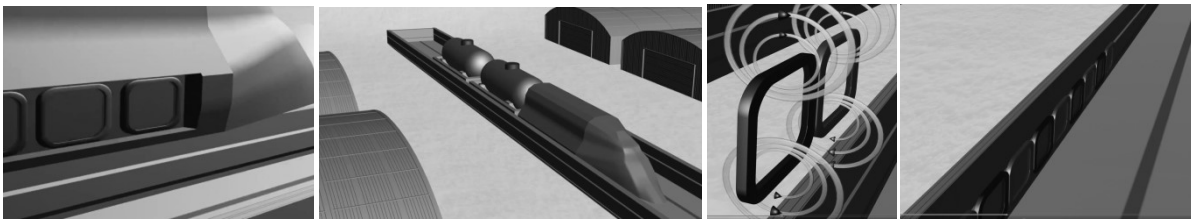


Рис. 1. Анимированный макет поезда

УДК 94(47)

ЕВСТИГНЕЕВА А.А.,СТАТЬИНА В.В.

СЛОВО О ВОЙНЕ, КАК РЕЗОНАТОР ДУХА ВСЕХ И КАЖДОГО

МБОУ ДО «ЦВР «Ровесник» г. Заволжье
МБОУ СШ № 18. г. Заволжье

Научно-технический прогресс поставил в центр современной культуры и образования медийные и социальные коммуникации. Их средства – интернет, мобильная телефония и т.п. Сегодня все эти новации пытаются объединить выражением «искусственный интеллект» или аббревиатурой «ИИ». Большинство разработок «ИИ» идут из США и стран Запада. Большинство программ писались и пишутся на английском языке. Следовательно, у «ИИ» есть свой язык, своя культура, и это англосаксонская культура.

Между тем, язык – одна из составляющих престижа страны, оцениваемого её культурой. Если говорить о культуре, то состояние здоровья языка – важнейшая её характеристика.

В каком состоянии находится сегодня русский язык, в русскоговорящей стране, показывает тот факт, что выпускники средних школ ЕГЭ по русскому языку не сдают совсем. Во многом по причине незнания русского языка многие ученики не знают и не сдают такие предметы, как физика, химия, математика, история, биология. Количество учеников, знающих эти предметы, стремится к нулю, а количество сдающих по ним ЕГЭ насчитывает от 5% до 15% по каждому предмету.

Есть ещё один показатель состояния здоровья русского языка – это слова о войне. Этот показатель сегодня очень уместен, так как с ним связано большинство радио-, теле- и других средств массовой информации и их контента. Действительно, слово о войне играет необычно важную роль, так как является резонатором духа для всех и каждого его участников. В этой роли слово о войне, во все времена, обретало форму краткого высказывания, которое нередко становилось крылатыми словами, пословицами, поговорками и даже образцами слова и духа, которые вызывали чувство глубокого сопереживания и бесконечного уважения к воинам и труженикам тыла.

Например, Великая Отечественная война практически для каждого военного и нескольких послевоенных поколений, вплоть до настоящего времени, осознанно начинается словами «Вставай, страна огромная, вставай на смертный бой!».

О событиях Великой Отечественной войны написаны сотник книг и выпущены десятки драгоценнейших фильмов, таких как «Жаворонок», «Два Федота», «Судьба человека», «Живые и мёртвые» и т.д. Каждый шаг, каждый день и даже каждый подвиг той войны были связани с сильным и кратким высказыванием: «Ни шагу назад!», «Всё для фронта, всё для победы!», «Враг будет разбит, победа будет за нами!» и др. То есть, не смотря на огромные

трудности, которые претерпевала страна, русский язык был на подъёме, организовывал и вдохновлял весь говорящий на нём народ.

Ученики моей школы активно участвовали в увековечивании памяти одного из директоров школ г. Заволжья, участника ВОВ Ванина А.Ф. Этот человек жил так, как и должен жить настоящий человек. Будучи учителем русского языка и литературы, он воспитал целое поколение современных учителей.

Отношение к родному, русскому языку – есть показатель здоровья страны. Непонимание этой аксиомы ведёт к её разрушению.

К сожалению, войны сопровождают практически всю историю человеческой цивилизации. Россия, в силу своего расположения, постоянно бывает втянута в войны. Важно понимать, что передача смысла отношения к войне, поведения на войне, и к защите Отечества и Земли русской, есть одна из самых глубинных и ключевых задач русского языка.

Сегодня наша страна и мир опять переживают непростые времена и если современные литераторы, политологи, идеологи, пропагандисты не могут интегрировать в народ ничего нового, то необходимо обратиться к прежним изречениям. Для начала надо вернуть всем людям, живущим на территории России, веру в русский язык. Тем более, что большинство изречений актуальны и поныне, как свежие выпуски новостей.

Военные историки особо отмечают период русских побед во времена Ушакова и Суворова, прямо называя причину: «Россия воевала своим умом!». Разве это не признание величия народа и его языка? К сожалению, период жизни России своим умом был очень короток, но каково наследие русского языка в нём!

«Врагов не считают. Их бьют», Ушаков. *«Одна минута решает исход битвы, один час – успех компании, один день – судьбу империи»,* Суворов. *«Служба и дружба – две параллельные линии – не сходятся»*, Суворов. *«Природа произвела Россию только одну, она соперниц не имеет»,* Суворов.

К сожалению, предательство со стороны отдельных общественных групп для России, вещь вполне обычная. Но только ли для России? Сильная личность всегда вызывает зависть у политиков-обывателей, постоянно борющихся за сохранение своей власти. А слабая личность разрушает государственность. На этом водоразделе важно понимать: кто и чего хочет?

Например, Сталин говорил: «Главное в жизни – идея. Когда нет идеи, нет цели движения; нет цели – неизвестно вокруг чего следует сконцентрироваться».

«У каждой проблемы есть фамилия, имя и отчество».

И первая и вторя цитаты Сталина вызывают ужас у обывателей от власти, отсюда и их стремление придать забвению русский язык и всё, что с ним связано. Для лилипута-обывателя, даже если он наделён большой должностью, постоянный труд во имя страны, её народа – невыносим. Он же не солдат, а начальник. Его кредо: «Дурака начальником не поставят». И что ему не говори, его мировоззрение не изменить, как сказал лётчик морской авиации, герой Советского Союза А.М. Батиевский (1921-2012): «Чувство превосходства превращает его владельца в ничтожество». Ещё проще о подобном превосходстве отозвалась народная молва, мол: «ты начальник – я дурак, я начальник – ты дурак».

Русский язык, как и говорящий на нём народ – велик. Но вот о чём не надо забывать: синонимом безграмотности в большой степени является безответственность. Для победы решающий бой – последний, для бойца – все,особенно первый.

УДК 621

КЛИЩУК В.Д.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ ФЕРМЕННОГО МОСТА

«Школа с углублённым изучением отдельных предметов № 85», Нижний Новгород

1. Модуль Юнга (E): мера «жесткости» материала. Показывает способность древесины сопротивляться растяжению/сжатию.

2. Предел прочности (σ): максимальное напряжение, после которого материал разрушается.

3. Сжатие: Элементы верхнего пояса испытывают силу, направленную внутрь стержня. Здесь возникает проблема потери устойчивости (эффект Эйлера) – тонкий стержень может не сломаться, но выгнуться в сторону и потерять несущую способность.

4. Растяжение: Элементы нижнего пояса работают как канаты. Для них главная характеристика – предел прочности материала на разрыв.

5. Нулевые стержни: В некоторых сложных фермах при определенных нагрузках возникают стержни, усилие в которых равно нулю. Однако их нельзя удалять, так как они обеспечивают общую устойчивость длинных элементов.

6. Для оценки качества спроектированной модели использовался Коэффициент конструктивного качества

$$\eta = \frac{\mathbf{m}_{\text{макс.нагрузки}}}{\mathbf{m}_{\text{конструкции}}}$$

7.

$$\sigma = \frac{F}{S}$$

Для 1 наклонной палочки (сжатие)-$\sigma_1 = \frac{N_1'}{S}$

$$\sigma_1 = \frac{18.75H}{20\text{мм}^2} \approx 0.93(\text{МПа})$$

Для 1 горизонтальной палочки (растяжение)-$\sigma_2 = \frac{N_2'}{S}$

$$\sigma_2 = \frac{6.25H}{20\text{мм}^2} \approx 0{,}31(\text{МПа})$$

Библиографический список

1. Гордон, Дж. Е. Конструкции, или почему не ломаются вещи. Перевод с английского. Москва: Мир, 1980. 304 с.

2. Феодосьев, В. И. Сопротивление материалов. Учебник для вузов. Москва: Наука,1986. 512 с.
3. Горшков, А.С. Конструкции из дерева и пластмасс: Учебник для вузов. Москва: Стройиздат, 1982. 288 с.
4. Грешников, В.А., Дробот, Ю.Б. Акустическая эмиссия. Москва: Издательство стандартов, 1976. 272 с.
5. Мельников, Н.П. Металлические конструкции: Учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. Москва: Стройиздат, 1983. 768 с.
6. Стрелецкий, Н.С. Мосты: Учебник для вузов. Москва: Стройиздат, 1965. 480 с.
7. Беляев, Н.М. Сопротивление материалов. М.: Наука, 1976.
8. Тимошенко, С.П. Сопротивление материалов. В 2-х т. М.: Наука, 1965.
9. Бирюлев, В.И. Строительная механика. М.: Высшая школа, 1980

УДК 621.555

КОВАЛЬКОВ М.А.

СОЗДАНИЕ СООРУЖЕНИЯ (КРИОКЛИМАТИЧЕСКОГО ПОСЕЛЕНИЯ) В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР С ПОМОЩЬЮ 3D-ПРИНТЕРА

МОУ Калининская школа Ветлужского муниципального округа

В условиях повышающегося спроса к энергетическим ресурсам и необходимости добычи нефти и газа в отдаленных и экстремальных районах нашей планеты, особое внимание заслуживают арктические морские пространства. Стремление к освоению этих территорий приводит к разработке инновационных концепций, таких как ледовые острова и искусственно намороженные основания. Одним из самых многообещающих материалов для строительства может стать обычный водяной лед.

	A	B
1	Параметры	Значения
2	Радиус сферы, R(м)	5,00
3	Толщина купольного с	1,00
4	Глубина выемки,H, (м)	2,43
5	Объем льда в куполе	380,99
6	Масса льда, кг	350507,73
7	Вес льда, Н	3434975,79
8	Площадь основания ку	34,54
9	Нагрузка, Па	99449,21
10	Площадь полусферы,	157,00
11	Теплота для плавлени	141254616533,33
12	Время работы при мо	27,25
13	Объем под сферой, м	261,67
14	Размеры помещения,	7*8*3
15	Площадь стен+потоло	146,00
16	Ширина стен, м	0,50
17	Объем помещения, м	168,00
18	Масса воздуха, кг	607,56
19	Нагрузка, Па	99449,21
20	Температура в помещ	20,00
21	Температура за купол	-50,00
22	К1 теплообмена	8,76
23	К2 теплообмена	383,08

Цель проекта: Проработка идеи по проектированию и созданию модели ледяного сооружения в условиях низких температур с помощью 3D-принтера для научных сотрудников, проживающих на полярных антарктических базах.

Я решил рассмотреть возможность построения ледяного купола с помощью 3D-принтера в районах с низкой температурой. Такой купол сбережет энергию на отопление помещений, позволит людям переходить из помещения в помещение, не опасаясь обморожения. Для строительства не надо будет доставлять конструкции. Это будет экологическое строительство, после прекращения использования сооружения природа не пострадает. Но надо рассмотреть все аспекты, чтобы решить, возможно ли это.

Предполагается, что радиус купола - R, толщина стенки (купольного слоя) - D. Лед для строительства выбирается из пространства под куполом, образуется цилиндрическое углубление глубиной H.

Лед размельчается, превращается в мелкую крошку и по трубопроводу передается к 3D-принтеру.

Результаты показывают, что при размере стенок купола больше 0,75м глубина углубления становится больше 1.5 метров.

Для дальнейших расчетов примем радиус купола 10 м, толщина стен- 0.6 м

Для этих данных глубина забора льда - 1.273м, масса льда 735743 кг, нагрузка (напряжение) - 185782 Па.

Табличное значение предела прочности на сжатие $4.8*10^6$Па. Запас прочности: $4.8*10^6/1.8*10^5=27$

Видно, что при маленькой теплопроводности температура стабилизируется на приемлемом уровне.

Можно сделать вывод о целесообразности построения многих куполов небольших размеров с толстыми стенками, соединенных между собой проходами.

---

1. Лунева, Д.А. Применение 3d-печати в строительстве и перспективы ее развития. Лунева Д.А. , Кожевникова Е.О. , Калошина С.В.-Пермь: Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2017. –

УДК 620.97

КОНЮХОВА П.В., ЯРОВАЯ Е.И.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В условиях роста стоимости энергоресурсов и ужесточения экологических норм проблема повышения энергоэффективности металлургических предприятий приобретает ключевое значение. Значительная часть вторичных энергетических ресурсов (ВЭР) – тепла отходящих газов, горючих технологических газов, избыточного давления не используется, что ведет к крупным потерям. Главный сдерживающий фактор внедрения систем утилизации – необходимость значительных разовых капитальных вложений. Требуется простая и достоверная методика экспресс-оценки, позволяющая быстро определить экономическую целесообразность таких проектов.

Целью работы являласьразработка методики и программного обеспечения для технико-экономического анализа вариантов использования ВЭР на металлургических предприятиях.

Проведен системный анализ существующих классификаций ВЭР (тепловые, горючие, избыточного давления) и технологий их утилизации (котлы-утилизаторы, детандеры, тепловые насосы). Рассмотрены принципы технико-экономической оценки инвестиционных проектов. На основе метода предельного уровня капитальных вложений разработана экспресс-методика, связывающая экономию тепловой энергии, тарифы и заданную норму доходности. Методика реализована в виде программы-калькулятора на языке C++.

Предложена простая формула для расчета предельно допустимого объема инвестиций в оборудование для утилизации ВЭР:

$$K_{\text{пр}} = \frac{\Delta B \cdot \text{Ц}_{\text{тэ}}}{\text{E}_{\text{н}} + \text{E}_{\text{ор}} + \text{E}_{\text{а}}}$$

где ΔB - годовая экономия тепловой энергии, Гкал; $\text{Ц}_{\text{тэ}}$ - тариф, руб./Гкал; $\text{E}_{\text{н}}$ - норма доходности; $\text{E}_{\text{ор}}$ - доля издержек на обслуживание и ремонт, $\text{E}_{\text{а}}$ - норма амортизации.

Выполнена апробация методики для 100-тонного конвертера металлургического комбината. При годовой утилизации 858 500 Гкал тепла и тарифе 2700 руб./Гкал экономия за-

трат составляет порядка 2,32 млрд руб./год. Предельный объем инвестиций при норме доходности 15% достигает 7,24 млрд руб.

Создано программное приложение «Инвестиционный калькулятор», позволяющее в режиме реального времени изменять входные параметры (тариф, объем утилизации, нормы доходности и амортизации) и получать итоговые значения экономии и допустимых капиталовложений.

Разработанная методика и программный инструмент обеспечивают оперативную экспресс-оценку целесообразности использования тепловых ВЭР на металлургических предприятиях. Это позволяет инвестору быстро сопоставить полученный предельный уровень инвестиций с рыночными предложениями и принять обоснованное решение о реализации проекта утилизации вторичных энергоресурсов.

УДК 13 2.2

КОРЖАВИН Е.И., ЛОГИНОВА Т.Н., ГОНЧАРОВА О.Ю.

ВЕТРЯНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ ДЛЯ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЧАСТНОГО ДОМА В СРЕДНЕЙ ПОЛОСЕ РОССИИ

МАОУ «Большеельнинская средняя школа»

Человечество непрерывно развивается. В нашу жизнь прочно вошли различные достижения науки и техники: телефоны, микроволновые печи, лампы накаливания и многое другое. Но, как известно, все они требуют для своей работы наличие электричества. В нашей жизни под словом «электричество» подразумевается всё: от постройки домов до полёта в космос.

Однако в реальности многие владельцы частных домов, особенно в сельской местности, регулярно сталкиваются с отключениями электроэнергии. Это создаёт серьёзные неудобства, а в холодное время года может привести к размораживанию системы отопления и выходу из строя бытовой техники. Альтернативой могут стать возобновляемые источники энергии, в частности ветрогенераторы.

Цель исследования: оценить перспективы обеспечения бесперебойного электроснабжения частного дома в деревне средней полосы России в условиях периодических отключений сети с применением ветрогенератора как основного или вспомогательного источника энергии.

Задачи исследования:

1. Анализ энергопотребления объекта: рассчитать суточное и месячное потребление электроэнергии, выделив пиковые нагрузки и сезонные колебания (например, увеличение потребления зимой из-за отопления) и выявить критически важные потребители, требующие бесперебойного питания (холодильник, система отопления, освещение и т.д.).

2. Оценка ветровых ресурсов региона: собрать данные о средней скорости ветра в районе расположения дома; построить розу ветров для определения преобладающих направлений ветра; проанализировать распределение скоростей ветра по сезонам и месяцам; оценить влияние местных условий (рельеф, леса, здания) на ветровые характеристики площадки для установки.

3. Подбор и расчёт оборудования: выбрать тип ветрогенератора и обосновать выбор с учётом ветровых условий и требований к монтажу; рассчитать необходимую мощность ветрогенератора, исходя из суточного потребления энергии и среднегодовой скорости ветра в регионе.

Актуальность: исследование перспектив обеспечения бесперебойного электроснабжения частного дома в деревне средней полосы России с применением ветрогенератора актуально по следующим причинам:

- частые отключения электроэнергии в сельской местности из-за износа сетей и неблагоприятных погодных условий;
- рост числа энергозависимых систем в частных домах (отопление, водоснабжение, безопасность), требующих стабильного питания;
- экологичность: ветрогенераторы не производят вредных выбросов, соответствуют тренду на устойчивое развитие.

Результаты математического моделирования показали, что выработки достаточно для покрытия типового отключения (холодильник, насос отопления, освещение, связь), то есть автономное электроснабжение при помощи ветрогенератора в средней полосе возможно и технически реализуемо при правильном выборе конструкции (вертикально-осевой), высоты мачты и ёмкости аккумуляторов, но в безветренный период требуется подпитка от сети.

УДК 629.7.02

КРАЙНОВ А.А., БЕЗВОДИНСКИЙ М.М., ЗУБАТОВ В.А., МОРЕВ И.В.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЛЕДОВОЙ РАЗВЕДКИ НА ОСНОВЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭКРАННОГО ЭФФЕКТА

МАОУ «Средняя школа № 8 с углубленным изучением отдельных предметов»

Арктический регион представляет собой одну из самых сложных зон для эксплуатации техники. Он характеризуется экстремально низкими температурами, сильными ветрами и постоянно меняющейся ледовой обстановкой. При этом значение Арктики сегодня активно растёт: развивается Северный морской путь, увеличивается объём грузоперевозок, расширяются научные исследования. В этих условиях особенно важен оперативный и точный мониторинг ледовой обстановки на больших территориях. Беспилотные летательные аппараты уже используются для этих задач, однако их возможности пока ограничены. Также существует противоречие между техническими параметрами: дальностью полёта, качеством данных и надёжностью работы.

Цель исследования – разработать концепцию комплекса БПЛА с использованием экранного эффекта, который позволит повысить эффективность мониторинга ледовой обстановки и безопасность судоходства в Арктике.

Основная идея проекта – использование экранного эффекта.

В отличие от распространенных схем, предлагаемая конструкция БПЛА выполняет полёт на малой высоте над поверхностью воды или льда. В этом режиме возникает дополнительная подъёмная сила и уменьшается сопротивление воздуха (экранный эффект). При его использовании, по предварительным расчётам, снижение энергопотребления составляет около 13%, что особенно важно при длительных миссиях.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- изучить физические основы экранного эффекта,
- исследовать методы радиолокационного зондирования льда,
- проанализировать особенности эксплуатации техники в Арктике,
- разработать комбинированную модель полёта,
- описать систему обработки данных,
- обосновать интеграцию с ледокольным флотом.

В рамках исследования проект разделен на три части: БПЛА с применением экранного эффекта, система ледовой разведки и система запуска и посадки БПЛА в условиях базирования на ледоколе. Был проведен соответствующий литературный обзор аналогичных существующих конструкций. Сделаны выводы.

Результатом работы системы должна стать карта ледовой обстановки впереди района следования ледокола с указанием толщины и структуры ледового покрова.

В ходе работы была разработана концепция системы ледовой разведки на основе БПЛА с использованием экранного эффекта.

УДК 621.669

КУКУШКИН В.Р., ТИТОВ А.В.

ОСОБЕННОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФАСОННЫХ ОТЛИВОК ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева
МБОУ «Школа № 15»

В ходе выполнения работы был проведен сбор и систематизация информации по технологии производства фасонных отливок из титановых сплавов. Рассматривались следующие вопросы:

1) области применения титановых сплавов и отливок из них в авиастроении, судостроении, химической промышленности и медицине;
2) общая характеристика титана: физико-механические свойства, полиморфное превращение, коррозионная стойкость и взаимодействие с газами;
3) легирование титана и классификация легирующих элементов (α-стабилизаторы, β-стабилизаторы, нейтральные упрочнители);
4) литейные свойства титановых сплавов и способы литья: в металлические формы (кокили), в графитовые формы, в периклазовые формы, по выплавляемым моделям;
5) особенности гарнисажной плавки и конструкции плавильно-заливочных установок, включая комплекс «Нева-5»;
6) технология заливки расплава в формы, материалы для изготовления форм и стержней;
7) финишные операции: выбивка, очистка, удаление альфированного слоя.
8) контроль качества отливок, виды дефектов и методы их исправления.

Кроме того, в рамках работы было выполнено компьютерное моделирование процесса заливки расплава в литейные формы с использованием специализированного программного обеспечения для симуляции литейных процессов. Моделирование позволило оценить заполняемость формы, температурные поля и выявить дефекты, которые получилось исправить.

УДК 629

ЛАРИН А.С., ТРОФИМОВА И.Г

ИЗУЧЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ УСКОРЕНИЯ ОТ МАССЫ ПОЛЕЗНОЙ НАГРУЗКИ ОДНОСТУПЕНЧАТОЙ РАКЕТЫ ПРИ РЕАКТИВНОМ ДВИЖЕНИИ

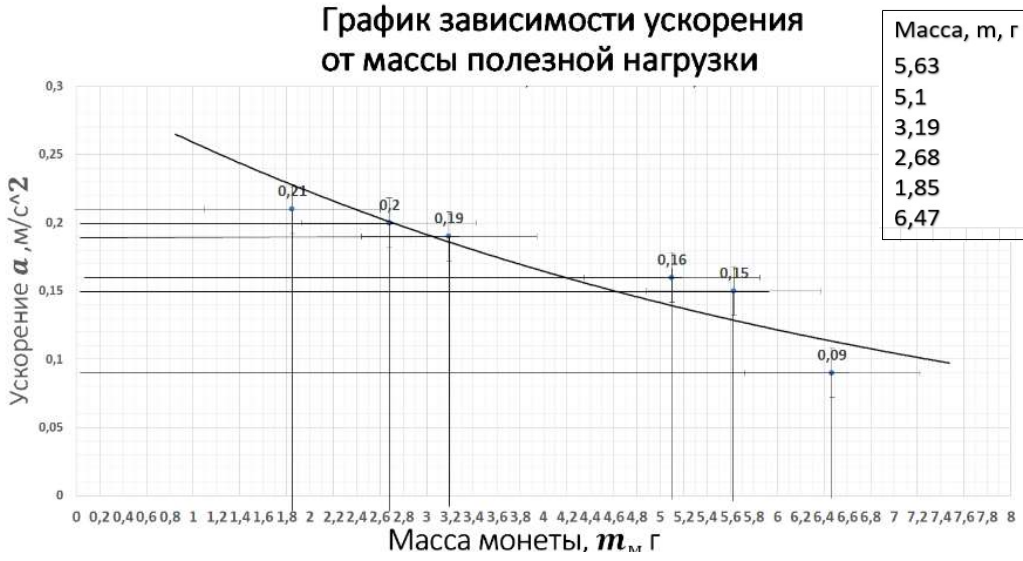
МАОУ «Школа с углублённым изучением отдельных предметов №85», г. Нижний Новгород

В современном мире в год 65-летия первого полета человека на ракете освоение космоса перестало быть фантастикой и стало областью стратегических технологий. Актуальность данного вопроса чрезвычайно велика.

Цель: изучение и практическое применение уравнений реактивного движения и закона сохранения импульса для расчёта параметров полёта одноступенчатой ракеты.

В работе изучен вклад К.Э. Циолковского и И.В. Мещерского в теорию реактивного движения, проанализированы формул. На основе формулы Циолковского рассчитана скорость одноступенчатой ракеты (воздушный шарик с монетами различной массы), скорость

истечения воздуха, экспериментально проверена зависимость ускорения шарика от массы полезной нагрузки (массы монет).



Масса, m, г	Ускорение, a, $\frac{м}{с^2}$
5,63	0,15
5,1	0,16
3,19	0,19
2,68	0,2
1,85	0,21
6,47	0,09

Удалось выяснить, что эксперимент с воздушным шариком отражает сложную зависимость ускорения от массы полезной нагрузки (монеты). С увеличением массы модели при постоянной массе воздуха 0,5г скорость выброса воздуха оставалась примерно постоянной и равной 5м/с, а высота полёта, ускорение и скорость шарика с монетой уменьшались. Эксперимент подтверждает обратную зависимость теории, что ускорение обратно пропорционально массе модели. График зависимости ускорения от массы полезной нагрузки (*график 1*) для меньших масс аналогичен гиперболе. Однако ускорение при увеличении массы до 6,47г резко уменьшается до $0{,}09\frac{м}{с^2}$. Таким образом была определена максимальная нагрузка, которую выдерживала данная модель.

Изучение теории реактивного движения позволяет не только понять прошлое, но и заглянуть в будущее космонавтики.

Библиографический список

1. Реактивное движение - https://en.ppt-online.org/915321
2. Реактивное движение – учебник физики.
3. О возможности полёта одноступенчатой ракеты к планетам солнечной системы - https://cyberleninka.ru/article/n/o-vozmozhnosti-polyota-odnostupenchatoy-rakety-k-planetam-solnechnoy-sistemy/viewer

УДК 004.94:536.24

МАРКЕЕВ С.М., МАРКЕЕВА Т.М.

ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНОЙ МОЩНОСТИ НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ ТРУБЧАТОГО РЕЗИСТОРА МЕТОДОМ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

«МБОУ Лицей №165 имени 65-летия ГАЗ» г. Нижний Новгород

В исследовательской работе рассматривается задача определения предельной мощности новой конструкции трубчатого непроволочного резистора. Такие резисторы применяются в системах балансировки мощности при испытаниях электрогенераторов. Их ключевая

проблема заключается в том, что токопроводящий слой (на основе пиролитического углерода) разрушается при превышении температуры 200°C. Поэтому заранее знать, какую максимальную мощность можно рассеять, важно для предотвращения аварий.

Гипотеза работы состоит в том, что компьютерное моделирование позволяет с достаточной точностью предсказать тепловое состояние резистора и определить порог его перегрева без проведения дорогостоящих испытаний. Объектом исследования выступает новая конструкция резистивного элемента, которая отличается от старой отсутствием внутреннего стержня и оптимизированной геометрией каналов для равномерного охлаждения.

Для проверки гипотезы был проведён теплогидравлический расчёт, моделировались движение воды и теплообмен. Сначала подготовили 3D-модель водяного объёма, построили расчётную сетку из 8,2 миллионов элементов с измельчением у стенок (параметр y+ менее 1). Затем задали граничные условия: вода с температурой 25°C, массовый расход 0,05 кг/с, давление 3 атм, а на поверхность резистора подавалась электрическая мощность, полностью переходящая в тепло. Корректность модели проверили сравнением температуры воды на выходе, полученной в расчёте, со значением по формуле теплового баланса:

$$t_{\text{кон}} = \frac{P_{\text{эл}}}{c_{\text{вода}} \cdot G} + t_{\text{нач}}.$$

Отклонение не превысило 2°C, что подтвердило правильность настройки.

Была выполнена серия расчётов для мощностей 3000, 4000, 5000 и 6000 Вт. Результаты показали: при 3000 Вт максимальная температура резистора составила 121°C, при 4000 Вт – 151°C, при 5000 Вт – 179°C. При подаче 6000 Вт температура достигла 202°C, что превышает критический порог в 200°C (рис. 1), следовательно, это предельная мощность новой конструкции. Для сравнения, старая конструкция выдерживала только 3000 Вт, то есть модернизация позволила увеличить допустимую мощность вдвое при том же расходе воды.

Кроме того, анализ температурных полей выявил зону локального перегрева в районе выходного патрубка (рис. 2). Это наблюдение имеет практическую ценность и может быть использовано для дальнейшей оптимизации конструкции. Например, для коррекции геометрии каналов с целью более равномерного охлаждения. Таким образом, гипотеза полностью подтвердилась: компьютерное моделирование не только точно определило предельную мощность, но и дало новое знание для улучшения изделия, что демонстрирует эффективность численных экспериментов на ранних этапах проектирования.

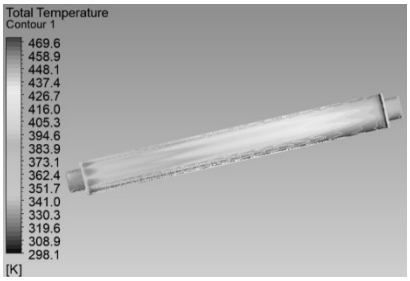


Рис.1. Т на поверхности резистора при 6000 Вт

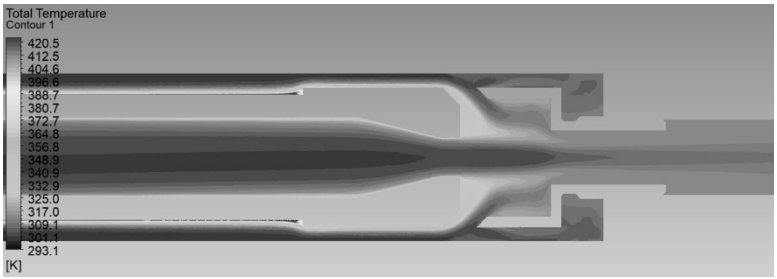


Рис.2 Температура воды в сечение конструкции при 6000 Вт

УДК 691.32

МЕРЗЛЯКОВ Г.И.

ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ГРАФИТО-БЕТОНА

МАОУ «ШКОЛА №19»

Нагрузочные дефекты в бетонных конструкциях возникают из-за превышения расчётных нагрузок. Это может происходить по целому ряду причин: вследствие ошибок проектирования, превышения проектных нагрузок в процессе эксплуатации, воздействия непредви-

денных факторов, неравномерного распределения нагрузок, преждевременного нагружения либо нарушений технологии монтажа. Подобные дефекты проявляются в виде различных повреждений: трещин различной ориентации и ширины раскрытия, прогибов конструктивных элементов, повреждения или смещения арматуры, уменьшения площади опирания, а также разрушения узлов сопряжения отдельных частей конструкции. Всё это неизбежно ведёт к снижению несущей способности, жёсткости и общей прочности конструкции, а в наиболее критических случаях может привести к частичному или даже полному обрушению здания, что представляет серьёзную угрозу безопасности.

В качестве возможного решения данной проблемы рассматривается добавление в состав бетона графита. Моя гипотеза основана на предположении, что при смешении бетона с мелкоизмельчённым графитом в структуре материала может образовываться графен – уникальный наноматериал с выдающимися прочностными характеристиками. Предполагается, что включение графена в структуру бетона способно существенно повысить его прочностные показатели и улучшить эксплуатационные свойства, делая конструкцию более устойчивой к внешним воздействиям.

Основной целью данной работы является создание нового композиционного материала на основе бетона с добавлением графита, а также всесторонняя проверка его физических свойств и оценка перспектив практического применения.

Было проведено исследование нескольких экспериментальных смесей с различным содержанием графита: 5 %, 10 %, 15 %, 25 % и 50 %. Для чистоты эксперимента был также изготовлен контрольный образец с нулевым содержанием графита (0 %). Исходя из проведённых визуальных наблюдений и первичных испытаний, можно сделать следующие выводы: при добавлении менее 15 % графита в состав смеси материал по неизвестным на данном этапе причинам демонстрировал худшее схватывание и в итоге получался более хрупким – даже по сравнению с контрольным образцом. Это может быть связано с нарушением оптимальных пропорций компонентов или с особенностями взаимодействия графита с другими составляющими бетонной смеси, что требует дополнительного изучения.

К сожалению, в условиях ограниченного доступа к специализированному лабораторному оборудованию для точной проверки прочностных характеристик материала были использованы упрощённые методы оценки. В частности, для грубой оценки прочности применялись механические воздействия с использованием собственной физической силы. Несмотря на очевидную ограниченность такого подхода, результаты проведённого эксперимента позволяют сделать предварительные выводы: образцы с содержанием графита 25 % и 50 % продемонстрировали заметно более высокую прочность по сравнению с контрольным бруском без добавок. Это косвенно подтверждает перспективность выбранного направления исследований.

УДК 66

МЕТЛИНА З.Е., КОЗОЧКИНА К.А.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКОЛОГИЧНЫХ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ РЕАГЕНТОВ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

МБОУ «Лицей № 8 им. академика Е.К. Федорова»

Борьба с гололедом в условиях Крайнего Севера – это ежегодная и дорогостоящая задача. Современные городские противогололедные реагенты не подходят для условий Крайнего Севера: например, массово используемая техническая соль теряет эффективность при –15°С. В условиях вечной мерзлоты агрессивные химикаты не вымываются из почвы, годами отравляя растительность и вызывая стремительную коррозию городской инфраструктуры и техники. Решение этой проблемы жизненно важно, так как северным регионам необходим

состав, способный эффективно плавить лед при экстремальных морозах, оставаясь при этом экологически безопасным.

Цель: экспериментально исследовать свойства перспективных противогололедных реагентов и на основе сравнительного анализа обосновать состав, обладающий максимальной эффективностью при сверхнизких температурах и минимальным воздействием на окружающую среду, а также разработать научно обоснованные рекомендации для коммунальных служб.

Задачи исследования

1. Изучить теоретические основы действия и химические свойства современных противогололедных реагентов.

2. Провести сравнительный лабораторный анализ выбранных реагентов по критериям: эффективность плавления льда (скорость, температурный порог) и экологическая безопасность (влияние на живые организмы).

3. Оценить коррозионную активность исследуемых реагентов по отношению к металлам.

4. На основе полученных данных предложить концепцию и обосновать состав оптимального противогололедного средства для условий Крайнего Севера.

5. Сформулировать практические рекомендации по его применению для коммунальных служб.

Гипотеза исследования: если в качестве основы для противогололедного реагента использовать ацетатные соединения, а не традиционные хлориды, то такой реагент будет обладать сопоставимой эффективностью при умеренных морозах, но окажет значительно меньшее негативное воздействие на окружающую среду (почву, растения) и городскую инфраструктуру, что оправдывает его применение в экологически чувствительных зонах северных городов.

Результаты. В ходе проведенного исследования были изучены климатические условия Крайнего Севера, а также химические и экологические свойства четырех противогололедныхреагентов: технической соли, хлористого кальция, ацетата натрия и карбамида. Выдвинутая в начале исследования гипотеза подтвердилась частично. Ацетатные соединения действительно обладают сопоставимой с хлоридами эффективностью при умеренных морозах и имеют экологическое преимущество. Однако для условий Крайнего Севера (при температурах -25°C и ниже) чистая ацетатная основа оказывается недостаточно эффективной. Также были сформулированы рекомендации для коммунальных служб.

УДК 621.3

МИТРИЧЕВ Д.А.

РАЗРАБОТКА СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ШАГОВЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Шаговый двигатель является одним из наиболее эффективных и перспективных видов электрических машин, которые имеют ряд преимуществ над другими видами двигателей. Принципы проектирования и конструирования шаговых двигателей активно применяются в различных сферах техники.

Шаговый двигатель – это электрический привод, который преобразует электрическую энергию в механическую, осуществляя дискретные перемещения ротора. В отличие от обычных электродвигателей, которые вращаются непрерывно, шаговые двигатели перемещаются дискретными шагами.

Целью научно-исследовательской работы являлось разработка электрической схемы для управления шаговым двигателем. В ходе работы были рассмотрены: конструкция и клас-

сификация шаговых двигателей, способы управления ими. Была написана программа для управления шаговым двигателем. Была смоделирована система управления шаговым двигателем в программе моделирования Proteus (рис. 1).

Программа Proteus позволяет моделировать схемы управления шаговыми двигателями с использованием микроконтроллеров. Это позволяет: собрать виртуальную электронную схему; запустить симуляцию; проверять корректность подключения компонентов; наблюдать, изменяются ли режимы работы двигателя в ответ на нажатие кнопок. В Proteus есть виртуальные измерительные приборы (осциллограф, логический анализатор, вольтметр и др.), которые позволяют определить и визуально представить электронное состояние в любой точке моделируемой схемы.

Проведена экономическая оценка проекта для вариантов с биполярным и униполярным шаговыми двигателями, что позволило выбрать оптимальный, с точки зрения, стоимости и функциональности вариант.

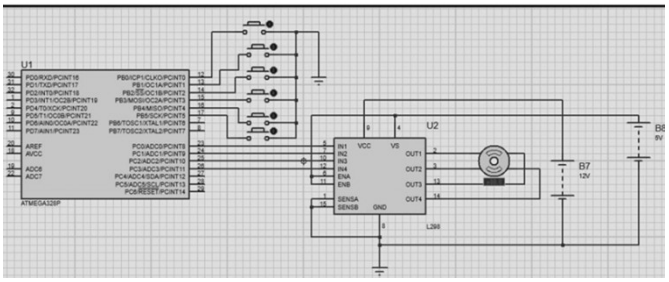


Рис.1. Принципиальная электрическая схема

Таким образом, выполненная работа заложила прочную основу для практической реализации и дальнейшего совершенствования системы управления шаговым электроприводом.

Библиографический список

1. **Гвозденко Н.П.** Разработка блок-схем алгоритмов учебное пособие / Н.П. Гвозденко, С. А. Суслова. - Липецк: Липецкий гос. технический ун-т, 2021. - 58 с.
2. **Ефимов И.Е.** Микроэлектроника: проектирование, виды микросхем, функциональная микроэлектроника / И.Е. Ефимов, И.Я. Козырь, Ю.И. Горбунов. - Москва: Высшая школа, 1987. - 416 с.
3. **Кенио Т.** Шаговые двигатели и их микропроцессорные системы управления. - 1-е изд. - Москва: Энергоатомиздат, 1987. - 200 с.
4.**Ратмиров В.М.** Шаговые двигатели для систем автоматического управления / В.М. Ратмиров, Б.А. Ивоботенко. – 66-е изд. - Москва-Ленинград: Государственное энергетическое, 1962. - 126 с.

УДК 66

НАУМОВА А.А., КОЗОЧКИНА К.А.

СОЗДАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КРИОХИМИИ

МБОУ «Лицей № 8 имени академика Е.К. Федорова»

В современном мире проблема загрязнения окружающей среды пластиковыми отходами становится все более острой, особенно в арктическом регионе. Ежегодно в мировой океан попадает от 5 до 12 млн тонн пластика, значительная часть которого концентрируется в Арктике. Низкие температуры консервируют пластик, препятствуя его разложению, что создает серьезную экологическую угрозу для хрупкой арктической экосистемы. Особенно трагиче-

ские последствия это имеет для животного мира. Морские птицы, рыбы, тюлени и другие морские обитатели часто принимают пластиковые отходы за пищу. При употреблении пластиковых полимеров могут возникать воспалительные процессы, нарушения пищеварения и токсические эффекты, что негативно отражается на популяциях и устойчивости

В качестве решения этой проблемы было предложено создание биоразлагаемых материалов на основе природных полимеров (агар-агара и желатина) с применением криохимических технологий. Объектом исследования стали пленки из агар-агара и желатина, полученные методом криохимической обработки.

В ходе работы были разработаны методики получения экологичных материалов с использованием медленной и быстрой заморозки. Эксперименты показали, что оптимальная концентрация агар-агара составляет 4%, а желатина – 10%. Добавление глицерина значительно улучшает эластичность материалов.

Пленки на основе агар-агара с высокой концентрацией обладают лучшей термостойкостью и разлагаются в почве за 1-1,5 месяца. Желатиновые пленки демонстрируют более высокую эластичность и биоразлагаемость – они полностью разлагаются за 12-25 дней. При этом материалы сохраняют достаточную прочность для практического применения.

Особую роль в формировании свойств материалов играет способ заморозки. Быстрая заморозка обеспечивает более однородную структуру, а медленная способствует образованию пористой структуры. Криохимическая обработка позволяет точно управлять характеристиками получаемых материалов.

Практическая значимость работы заключается в создании экологичной альтернативы пластиковой упаковке, особенно актуальной для условий Крайнего Севера. Технология использует холод как основной производственный фактор, что существенно снижает энергозатраты.

Разработанные материалы могут найти широкое применение в различных сферах, где требуется экологичная упаковка. Их использование поможет снизить нагрузку на окружающую среду и решить проблему пластикового загрязнения, особенно в арктическом регионе. Перспективы дальнейших исследований связаны с расширением возможностей криохимических методов для создания материалов с заданными свойствами.

Таким образом, применение криохимии в сочетании с природными полимерами открывает новые горизонты в разработке экологичных материалов, способных заменить традиционные пластиковые изделия без ущерба для окружающей среды.

УДК 626.113

НЕВЕКИН Д.В.,МИНУТИН С.А.

ГЛОБАЛИЗАЦИЯ ВСЕХ СО ВСЕМИ ИЛИ СОХРАНЕНИЕ НАЦИОНАЛЬНОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ КАЖДОГО

МБОУ ДО «ЦВР «Ровесник» г. Заволжье
МБОУ СШ № 17 им. Арюткина Н.В. г. Заволжье

Ещё совсем недавно мир быстро глобализировался на основе массовой культуры, экономики, политики. Активными организаторами глобального мира выступали страны Запада и США, привлекая для этого такие международные организации, как ООН, ЮНЕСКО, МВФ, Всемирную торговую палату и т.д.

Большинство стран, в том числе и Россия, послушно вливались в глобальный мир. И вдруг оказалось, что в глобальном мире есть те, кто не хочет поступиться своей властью ни на йоту, и глобализация стала насаждаться с помощью войн. Весь мир втягивается в новые империалистические войны. Чтобы понять, почему начатые в середине XX века процессы глобализации к середине XXI стали тормозом развития человечества, необходимо вернуться в прошлое.

Первым этот термин в научный обиход ввёл профессор Гарвардской школы бизнеса Теодор Левитт в 1983 году. Ввёл он его исключительно для обозначения процесса слияния рынков отдельных продуктов, производимых транснациональными корпорациями. Но, за сорок с небольшим лет, особенно после развала СССР, смысл этого термина претерпел значительные изменения. Сегодня глобализация – это процесс концентрации управления всем человечеством в одних руках. Длительное время этими «руками» были страны Запада, которые навязывали свои лекала экономики, культуры, языка и даже свою валюту. Как это происходило, знает каждый россиянин в возрасте старше 45-50 лет: вместо денег в 90-е годы были «у.е.», английский язык начинали учить в начальных классах и часто вместо русского, родного языка. Небывалую радость в элитных кругах вызывало приглашение со стороны страны Запада высших российских чиновников на экономические форумы «Стран семёрки» и т.д. Кроме того, при провозглашении возвращения к истокам православия и религии по всей стране массово организовывались секты всех мастей и открывались их культовые сооружения и т.д. То есть Россия, начиная с 90-х годов XX века и по настоящее время, в полной мере была вовлечена в процессы глобализации, инициируемой западными странами.

Пока западные архитекторы глобализации разрушали СССР и Россию, а российские чиновники заново строили капитализм по их лекалам, несколько участников глобальных процессов, в лице Китайской Народной республики, Индии, КНДР и других стран начали выстраивать свои глобальные отношения, как уверовал Запад, в уже поделенном им мире. А так как капитализм – это всегда выбор стратегии неограниченного роста, всасывающий в себя всё, до чего может дотянуться, то конфликт за управление миром стал неизбежен.

Западные страны в глобализации культуры, экономики, наличии природных и трудовых ресурсов не только стали отставать от других стран, но и лишаться своих прежних рынков и вассалов. Проигрывая на экономическом поле, Западный мир фактически развязал перманентную войну за новое подчинение себе всего человечества. Это направление действий стран Запада нанесло огромный урон самому понятию «глобализация», так как втягиваемые в неё народы, а особенно русский народ, были уверены, что она направлена на развитие цивилизации и насилие, в какой бы то ни было форме – это рудимент прошлых эпох.

Сегодня страны Запада своей открытой демонстрацией фашизма, геноцида нанесли сильнейший удар по мировоззрению очень многих народов. Пока глобалисты запада травили людей алкоголем, развлекали секс-меньшинствами, разрушали образование и т.д., народы глобализируемых ими стран терпели. Но когда они стали «разогревать» взаимную ненависть между народами ложными интерпретациями фактов и переписыванием истории – тайное стало явным. Оказалось, что чужеродные ценности, основанные на деструктивной модели поведения: успех любой ценой, суть которого – потребление, внедрить на уровне власти глобализируемых, а по факту колонизируемых стран, нетрудно. Власть многих стран можно просто купить, объяснив им попутно, что они двигаются впереди всех. Но разрушить арабский мир, русский мир, китайский мир, корейский мир и т.д., как и традиционные для этих миров религии, «пришельцам» не под силу. Чужеродные ценности, если они не улучшают жизнь человечества, приводят к обратному эффекту – их отвергают. Таким образом, каждая часть мирового сообщества возвращается к своим истокам и это можно только приветствовать.

УДК 66

НОВИКОВА А.А, КОЗОЧКИНА К.А.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КРЕМА ДЛЯ РУК, КАК ПРОФИЛАКТИКА СУХОСТИ КОЖИ В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР

МБОУ «Лицей № 8 имени академика Е.К. Федорова», г. Нижний Новгород

Актуальность исследования обусловлена возрастающей проблемой защиты кожных покровов в условиях низких температур, особенно в регионах с суровым климатом.

Цель работы: исследование эффективности различных средств защиты кожи от негативного воздействия низких температур.

Задачи исследования: изучить механизмы воздействия холода накожный покров; проанализировать существующие средства защиты; провести экспериментальное исследование эффективности кремов; разработать рекомендации по применению.

Объект исследования: кожный покров человека в условиях низких температур.

Предмет исследования: эффективность защитных средств для кожи.

Выводы

1. Экспериментально подтверждено, что замораживание существенно влияет на физико-химические характеристики защитных кремов.

2. Состав крема определяет его устойчивость к низким температурам и сохранение защитных свойств.

3. Гипотеза о различном влиянии замораживания на эффективность кремов подтверждена.

4. Наиболее устойчивыми к экстремальным температурам оказались кремы на жировой основе с добавлением натуральных компонентов.

5. Промышленный образец не рекомендуется для использования при низких температурах.

Таблица 1

Сравнительный анализ результатов

Параметр	**2.1** Вазелин +ZnO	**2.2** Вазелин+Вода	**2.3** Сало+ZnO	**2.4**Воск+ланолин +масла+алоэ	**2.5** Покупной крем (BabyCare)
Состояние после заморозки	Неоднородная структура, незначительное уплотнение, видны крупинки ZnO	Выраженное расслоение, отделение водной фазы	Уплотнение, без расслоения	Практически однороден, легкое отделение геля алоэ	Неоднороден,рыхлый, водная и масляная фазы разделены
Растворимость в воде	Хорошо растворяется в воде	Хорошо растворяется в воде	Плохо растворяется в воде (при смешивании с H2O смешался только краситель)	Плохо растворяется в воде	Хорошо растворяется в воде
pH водной фазы	6,70	7,45	7,5	6,6	5,7
Растекаемость(мм)	5(низкая)	35(высокая)	2(очень низкая)	0(отсутствует)	5(низкая)
Рекомендация	Для умеренного холода	Не рекомендуется	Для экстремальных условий	Для экстремальных условий	Для комнатной температуры

УДК 621.669

ОГИНОВ А.С., ГРАЧЕВ А.Н.

ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕНОМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева
МБОУ «Школа № 15»

Пенометаллы представляют собой металлические структуры с высокой степенью пористости, достигающей в некоторых случаях до 90% и выше. Это обстоятельство существенно снижает плотность пенометаллических изделий по сравнению с монолитными. При этом пенометаллы сохраняют значительную механическую прочность и имеют уникальные физические характеристики – ударную вязкость, тепло- и звукопоглощение. По материалу основы

выделяют алюминиевые, титановые, медные, стальные и другие пенометаллы. Поры могут быть открытыми или закрытыми, что влияет на проницаемость материала, его плотность и механические свойства. Структура пор может однородной или градиентной, что обуславливает функциональные характеристики материала. Открытая пористость обеспечивает высокую проницаемость для газов и жидкостей, что важно для фильтров и теплообменников, тогда как закрытая пористость способствует улучшению теплоизоляционных свойств.

Благодаря уникальному сочетанию свойств пенометаллические изделия имеют широкие возможности для применения в различных отраслях промышленности: авиация, автомобилестроение, строительство, энергетика, медицина, оборонной промышленности.

В авиационной промышленности и автомобилестроении пенометаллы используются для снижения массы узлов и агрегатов, что напрямую влияет на топливную эффективность и характеристики летательных аппаратов и транспорта.

В строительстве пенометаллы применяются в качестве теплоизоляционных и звукоизоляционных элементов, а в энергетике – в теплообменниках, фильтрах и элементах гашения вибраций. Имеется информация об эффективности применения пенометаллических изделий для блокировки рентгеновского, гамма- и нейтронного излучения, что создает возможности для применения в системах защиты на объектах атомной энергетики.

В медицине пенометаллы применяются для создания биомедицинских имплантатов, костных имплантатов в ортопедии и стоматологии. Имеются перспективы разработки конструкций протезов рук и ног для людей с ограниченными возможностями.

Защитные обвесы из пенометаллов для танков, военной техники и зданий позволяют облегчать и поглощать энергию от удара, что открывает перспективы применения данных материалов для оборонной промышленности. Этому же способствует создание защитных сооружений для заводов и нефтяных вышек от ударов дронов.

Перечислим известные способы получения пенометаллических изделий.

1. Спекание твердого тела: вспенивание порошковой проволоки; спекание металлического порошка; формирования суспензии; растворения порошка соли; заливки жидкого металла в удаляемый полый керамический 3D-каркас; спекание волокон; спекание губки, пропитанной суспензией.

2. Затвердевание жидкого металла: вспенивание прямым выдувом, вспенивание пенообразователя, просачивающее (перколяционное) литье, литья по выплавляемым моделям, эвтектическая кристаллизация жидкости и газа, ввод металлических частиц или шариков.

3. Напыление металла: электроосаждение, осаждение испарением из паровой фазы, нанесение брызг, электроосаждение в расплавленной соли.

4. Другие, не получившие широкого распространения: вторичного вспенивания, полого металлического шара.

УДК 629.12.001

ПАНЯЕВ В.А., ЛОКТЕВ А.В.

ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ СТЕНД С ВОДОВОДОМ ЗАМКНУТОГО ТИПА ДЛЯ ПОДРУЛИВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА СУДНА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Подруливающее устройство судна (ПУ) предназначено для улучшения управляемости судно на малых скоростях. ПУ туннельного типа устанавливаются ниже ватерлинии, оно имеет рабочий орган (винт) в сквозном канале, проходящем от одного борта судно к другому. Привод винта обычно от электродвигателя через угловой редуктор. Для проверки работоспособности ПУ после его изготовления до монтажа на судно в цеховых условиях подвергается испытаниям на специальных стендах. Стенды представляют собой баки или бассейны, оборудованные системами и устройствами необходимыми для установки в них ПУ и обеспечения испытаний.

Недостатком таких типов стендов является большие габариты. Для устранения этого недостатка ведется проработка компактной схемы стенда с водоводом замкнутого типа (рис.1).

Принцип работы такой схемы стенда заключается в следующем: неиспытанное ПУ устанавливается в водовод, образуя с ним герметичный замкнутый контур. Контур заполняется водой, обеспечивая работу ПУ по замкнутой схеме. При этом необходимый режим работы по напору обеспечивается соответствующим гидравлическим сопротивлением водовода. Для регулирования гидравлического сопротивления служат дроссели 3. Отвод тепла от воды в контуре обеспечивается системой проточного охлаждения 2 и 6. Обеспечение необходимого давления производится главным регулятором давления «до себя». В верхней части контура имеется воздухосборник.

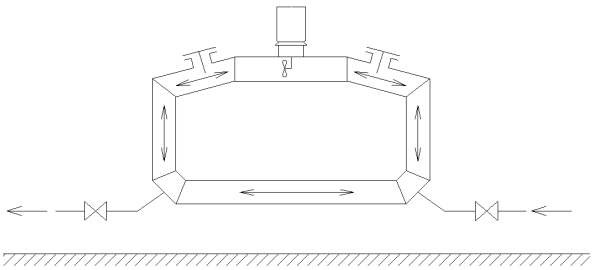


Рис.1. Схема стенда с водоводом замкнутого типа

Требования к проектированию гидравлической схемы стенда заключаются в следующем:

- гидравлическое сопротивление контура при открытых дросселях должно быть меньше напора, развиваемого ПУ;
- ПУ должно работать в безкавитационном режиме;
- температура воды в контуре не должна превышать допустимого значения при эксплуатации;
- воздухосодержание воды в контуре не должно приводить к дестабилизации режимов.

Исходя из этих требований разработана конструкция стенда для испытания ПУ мощностью 250 кВт с диаметром винта D = 1000 мм.

Напор данного ПУ составляет 3 м.в.ст., расчетное гидравлическое сопротивление замкнутого водовода составляет 2,5 м.в.ст и длина около 10м. Благодаря этому ПУ может работать и проходить испытания во всех диапазонах мощностей. Подобный расчет можно производить для любого ПУ, необходимо только знать его мощность, напор и диаметр винта.

УДК 621.669

ПЕКШЕВ Д.А., ТИТОВ А.В.

ПРОИЗВОДСТВО ПРЕССОВАННЫХ ПРОФИЛЕЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева
МБОУ «Школа № 15»

Алюминий и алюминиевые сплавы прессуют в наибольших количествах. Алюминий относительно дёшев, при этом очень удобен, его многочисленные сплавы пластичны в процессе производства конструкций, и, вместе с тем, достаточно функциональны – не меняют свою форму под воздействием даже значительных нагрузок. Прессование обеспечивает выполнение оптимальной формы профиля, требуемое соотношение размеров его элементов и высокую жёсткость, точность и прочность получаемых изделий. Алюминиевые профили имеют широкий спектр применения в различных отраслях производства.

Алюминиевые сплавы классифицируются по прочности, по условиям прессования, по свариваемости плавлением, по коррозионной стойкости, по склонности к упрочнению при термообработке. Алюминий марки АД31 представляет собой термически упрочняемый, деформируемый сплав системы алюминий-магний-кремний (Al-Mg-Si), который отличается оптимальным сочетанием технологичности, коррозионной стойкости и декоративных свойств.

Прессованием (экструдированием) называют вид обработки металлов давлением, заключающийся в придании обрабатываемому металлу заданной формы путем выдавливания его из замкнутого объема через один или несколько каналов, выполненных в формообразующем прессовом инструменте.

Существует несколько методов прессования, в зависимости от особенностей перемещения пресс-плунжера в контейнере. В работе рассмотрены четыре из них: прямое прессование, обратное прессование, метод прессования «с рубашкой» и гидропрессование, описаны преимущества и недостатки. Преимуществом прямого прессования является относительно простая конструкция пресса и оснастки. К недостаткам можно отнести необходимость увеличения усилия прессования для преодоления сил трения, возникающих между контейнером и слитком; повышенный износ контейнера.

В состав линии по производству профилей входит: плавильно-литейная установка, линия нагрева заготовок, гидравлический экструзионный пресс, система охлаждения и выравнивания, термическая линия, обрезное, маркировочное и упаковочное оборудование.

Матрица – основной инструмент, определяющий форму, размеры и качество поверхности прессоизделия. Важный этап – нагрев мартицы и заготовки. Не менее важны предварительная обработка заготовки и конечная термическая обработка. Финальным этапом является контроль качества алюминиевых профилей.

На данный момент был выбран наиболее подходящий деформируемый сплав АД31 и выполнен расчёт основных технологических параметров прессования для изготовления профиля заданного сечения. Такие, как расчёт размеров заготовки, температуры нагрева заготовки, скорости прессования, длительности пребывания металла в очаге деформации, расчёт усилия, необходимого для осуществления деформации без учёта внешнего трения, расчёт усилия, необходимого для преодоления сил трения в матрице, расчёт усилия, необходимого для преодоления сил трения в калибрующем пояске, расчёт усилия прессования.

По результатам проведённых расчётов было выбрано основное технологическое оборудование – горизонтальный гидравлический пресс усилием 50 МН.

Для изготовления заданного профиля был выбран метод прямого прессования. Кроме того, расчёт кратности готовых профилей в одной прессовке показал, что в матрице можно расположить два профиля.

Таким образом, качество и характеристики готового алюминиевого профиля зависят от правильного выбора материалов (сплавов, матриц), соблюдения технологических режимов качества оборудования и контроля на всех этапах производства.

УДК 621.74

САФОНОВ И.Д., ЧЕБЕРЯК О.И.

СПОСОБЫ МОДИФИКАЦИИ ЧУГУНА И АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА, ИСПОЛЬЗУЕМОГО НА ПАО «ГАЗ»

МАОУ «Школа с углублённым изучением отдельных предметов №183»
Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Одной из актуальных проблем металлургического производства является получение литых заготовок из чугуна с шаровидной формой графита (ЧШГ), имеющих стабильную структуру по сечению отливки и свойства.

Одной из технологий предприятия ПАО «ГАЗ» г. Н. Новгорода является получение литых заготовок из высокопрочного чугуна путём использования магнийсодержащего модификатора, который после дозирования в ручную, располагают в реакционной камере литниковой системы литейной формы, т.е. так называемое «внутриформенное модифицирование». По данным предприятия, используемый способ модифицирования расплава не дает стабильного получения оптимальной литой структуры в отливках и имеет ряд недостатков.

Существующая практика изготовления отливок из ЧШГ показывает, что на точность концентрационного содержания в расплаве магния и, как следствие, на структуру отливок влияют:

- условия модифицирования (температура расплава, метод модифицирования, размер и конструкция ковша (при ковшевом модифицировании), элементный, фазовый и фракционный состав сфероидизирующих и графитизирующих модификаторов);
- условия кристаллизации (материал и масса формы, конструкция литниково-питающей системы, характеристические сечения каналов, разностенность и длинномерность отливок).

Помимо этих металлургических факторов при серийном и особенно массовом производствах отливок из ЧШГ есть много переменных, вносящих погрешности в литейный процесс, таких как: флуктуации наследственного структурного состояния расплава перед модифицированием; вес и место введения модификаторов, их состав и свойства; вес металла в ковше (металлоёмкость формы); температуры металла; температуры ковша и скорость его заполнения; время разливки ковша и др.

Задачи, решаемые в работе для достижения поставленной цели:

1) рассмотрим и разберём все способы модифицирования чугуна, имеющиеся на данный момент;

2) разберём имеющийся способ модифицирования чугуна на пао «газ», выделим все плюсы и минусы этого способа.

Библиографический список

1. Горшков А.А. О механизме образования шаровидного графита // Литейное производство. 1955. № 3. С. 17–21.
2. Горшков А.А. О механизме образования шаровидного графита // Литейное производство. 1955. № 3. С. 17–21.

УДК: 623.746.4-519

СКРИПНИК К.И.[1], САННИКОВ А.Н.[2]

ЗАДАЧА СОВМЕСТНОГО ОБНАРУЖЕНИЯ И ОТСЛЕЖИВАНИЯ ДВИЖУЩЕЙСЯ ЦЕЛИ

ЧУ СОШ «Ретро», г. Москва[1],
Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева[2]

В современном мире использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) становится всё чаще, они могут помочь в решении серьёзной проблемы – пропажа людей в лесных массивах. Актуальность работы заключается в том, что для БПЛА важно понимать принцип их работы [1], и для внедрения искусственного интеллекта в программу необходимо обучение на множестве примеров. Цель данной работы является описание возможного варианта обучения летательных аппаратов с помощью задачи совместного обнаружения цели с непредсказуемой траекторией. Сама программа написана на языке программирования Python и визуализирована с помощью специальных библиотек, встроенных в язык программирования.

Рассмотрим алгоритм. На первых двух стадиях использовался 1 агент (при реальных поисках схожую задачу выполняют беспилотные летательные аппараты), цель появлялась в

случайном месте каждый запуск и не двигалась. Он искал цель путём прохождения всей сетки от края до края «змейкой». После проведения сотни запусков были подсчитаны средние значения времени и эффективности (отношение оптимальных показателей и фактических) поиска. На втором этапе вероятность движения цели меняется с 0 до 0,2, то есть в среднем она смещалась в случайном направлении на 1 клетку каждый пятый шаг агента. Таким образом, создаются условия для выхода цели за границу сетки, в таком случае агент завершал свой обход, не обнаружив цель. К считаемым параметрам таких запусков добавляется ещё одно значение – вероятность обнаружения цели. После сотни запусков и необходимых подсчётов, был добавлен второй агент. На третьем этапе цель вновь стояла на месте, однако теперь 2 агента совместно искали её, разделив между собой сетку. Таким образом, они проходили поле в два раза быстрее, следовательно, и среднее время уменьшилось примерно вдвое (если учитывать только удачные запуски), а средняя эффективность возросла примерно в 1,75 раз, потому что из-за увеличения количества агентов, увеличилась вероятность оказаться ближе к цели и сократилось расстояние, проходимое каждым агентом. На последнем этапе цель вновь двигалась с той же вероятностью 0,2, после анализа данных сотни запусков при таких условиях, было проведено сравнение с вторым этапом. Среднее время поиска при удачных запусках сократилось в 1,72 раза, эффективность возросла в 2,49 раз, а самих удачных запусков стало на 7% больше. Из таких результатов сделан вывод, что использование группы БПЛА для поисково-спасательных операций гораздо эффективнее. При добавлении второго агента общие показатели улучшились примерно в два раза. Данную программу можно различно совершенствовать, например, добавив клетки, которые необходимо будет облетать, словно это реальные деревья, на данный момент система обхода крон деревьев недостаточно эффективно. Для наилучшей согласованности летательных аппаратов, цель может оставлять «маячки», как это иногда делают люди в лесах. Это может быть одежда, места для костров или другие признаки пребывания человека. Цель во время движения с определённой вероятностью может оставить за собой этот маркер, и если один из группы агентов обнаружит его, то он сообщит остальным, чтобы те изменили свой маршрут и проверили область рядом с этим «маячком», таким образом условия работы будут более гибкие и у цели будет меньше шансов выйти за границы патрулируемой зоны. При обучении искусственного интеллекта, появится больше понимания как работать в условиях с множеством случайностей и как делать это сообща.

Таким образом, в работе рассмотрена зависимость показателей поисково-спасательных операций от различных параметров: технические характеристики БПЛА, метод его использования, количество летательных аппаратов на поле и поведение цели (движется или нет). Развитие работы предполагается в увеличении количества параметров в симуляции, создании более приближенных к реальности условий.

---

1. Головченко.А.А; Масленников А.А. Применения искусственного интеллекта в поисках без вести пропавших людей// Инновационная наука. 2021. №4. С 25 – 27.

УДК 66

СЛОВЦОВА Е.А., КОЗОЧКИНА К.А.

РАЗРАБОТКА АВТОНОМНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛА: СИНТЕЗ, СВОЙСТВА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

МБОУ «Лицей № 8» имени академика Е. К. Фёдорова

Актуальность работы обусловлена необходимостью создания доступных, безопасных и многоразовых источников тепла для использования в туризме, быту и аварийных ситуациях.

Цель – разработать и исследовать прототип многоразовой химической грелки на основе управляемой кристаллизации перенасыщенного раствора ацетата натрия, оценить её энергетическую эффективность.

Гипотеза: перенасыщенный раствор ацетата натрия при оптимальной концентрации обеспечивает компактный, многоразовый и эффективный нагрев, сохраняющий работоспособность при отрицательных температурах.

Методы: анализ литературы, эксперименты с пятью типами экзотермических реакций и физической кристаллизацией. Измеряли начальную и максимальную температуру, время выхода на максимум, длительность нагрева. Испытания проводили при комнатной температуре и в морозильной камере.

Результаты. Наибольший тепловой эффект даёт реакция замещения алюминия, но она опасна из-за выделения водорода и риска ожога. Гидратация $CaCl_2$ обеспечивает быстрый разогрев до 81,2°C, но кратковременна. Окисление железа в экспериментальном образце дало ΔT всего 0,5°C .

Оптимальным признан фазовый переход кристаллизации перенасыщенного раствора ацетата натрия. Изготовлены два прототипа. Образец без скрепки показал лучшие характеристики: T_макс = 48°C, ΔT = 26°C, длительность нагрева выше 40°C –50 минут, многоразовость (восстановление кипячением), работоспособность при -18°C.

Таблица 1

Сравнение эффективности прототипов химических грелок

Тип грелки	T_макс, °C	ΔT, °C	Длительность нагрева >40°C	Многоразовость	Безопасность
Al (вар.1)	103,1	79,9	~60 мин (при T>90°C)	нет	низкая
Ацетат (скрепка)	52	30	35 мин	да	высокая
Ацетат (без скрепки)	48	26	50 мин	да	высокая

Выводы

1. Создан действующий прототип многоразовой химической грелки на основе 30 г безводного ацетата натрия и 25 мл воды. Активация – ударом, перезарядка – кипячением 10-15 мин.
2. Грелка обеспечивает комфортную температуру (48°C) в течение 50 минут, безопасна, не выделяет газов, сохраняет работоспособность на морозе (–18°C).
3. По сравнению с коммерческими аналогами: превосходит солевые грелки по длительности нагрева, уступает железным одноразовым по времени работы, но выигрывает в многоразовости и отсутствии отходов.
4. Разработанные рекомендации позволяют самостоятельно изготовить грелку из доступных материалов для использования в походах, автомобильном аварийном запасе и быту.

УДК 669.248

СУМИНА М.А., АНАНЬЕВА В.Д., АНАНЬЕВА Е.Ю.

МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ПРОМЫВНЫХ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ МЕТАЛЛОВ

МАОУ «Школа №103 с углублённым изучением отдельных предметов»
МАОУ «Гимназия №13»
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В состав воды входят соли – в виде ионов, молекул и комплексов, органические вещества – в молекулярных соединениях и в коллоидном состоянии, газы – в виде молекул и гидратированных соединений, диспергированные примеси, гидробионты (планктоны, бентос, нейстон, пагон), бактерии, вирусы. Например, вода океанов содержит около 3,5 % рас-

творенных веществ; Черного моря –1,6%, а Балтийского – 0,6. Разнообразен ионный состав воды.

Проблема загрязнения водных ресурсов приобретает все большую значимость в свете стремительного роста населения, развития промышленности и изменений климата.

Никель находит широкое применение во многих отраслях промышленности, вследствие чего он часто присутствует в сточных водах и поступает в природные водные объекты. Никель относится к группе тяжелых металлов, характеризуется канцерогенным и мутагенным действием.

Токсическое воздействие никеля на организм человека проявляется в нескольких направлениях. При высоких концентрациях металл нарушает работу нервной системы, препятствуя образованию норадреналина – ключевого нейромедиатора, что приводит к тревожности, хронической усталости и повышает риск развития болезни Паркинсона.

Никель негативно влияет на метаболические процессы, разрушая нуклеиновые кислоты и нарушая синтез белков, ДНК и РНК, что может спровоцировать развитие онкологических заболеваний и аллергических реакций. Подавляя выработку лизоцима макрофагами, металл ослабляет иммунную систему и повышает восприимчивость организма к инфекциям.

Очистку сточных вод и растворов от ионов Ni^{2+} и других примесей, как правило, осуществляют комплексно в несколько стадий. На первой стадии применяют механические методы очистки (процеживание, осветление, фильтрование, центрифугирование), позволяющие отделить от жидкой фазы грубодисперсные механические примеси. Далее используют химические, физико-химические, биологические методы очистки воды.

Целью научно-исследовательской работы являлось изучение эффективности электрохимических методов очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов.

В ходе работы были использовании методы очистки воды от ионов никеля – электродиализ и электрокоагуляция. С использованием аналитических методов было проанализировано содержание ионов никеля, которое уменьшается от времени электролиза. Подтверждено образование гидроокиси никеля по окончании процесса. Электродиализ и электрокоагуляция лучше традиционных методов, так как они безреагентные (или требуют минимум реагентов), энергоэффективны, имеют низкие эксплуатационные расходы и могут обрабатывать широкий спектр загрязнений, включая промышленные стоки, с минимумом отходов, при этом не ухудшая качество воды добавками реагентов.

Видимые результаты электрохимической коагуляции – это помутнение воды, образование хлопьев (флокул) гидроксидов металлов, которые затем оседают или всплывают (в зависимости от плотности), очищение воды от коллоидов и взвесей, обесцвечивание, а электродиализа – разделение солей, снижение минерализации воды, при этом ионы перемещаются через мембраны, образуя обессоленные и концентрированные потоки, видимые как очищенная вода (обессоленная) и соленая вода.

Библиографический список

1. **Жилинский В. В.,Слесаренко О. А.** Электрохимическая очистка сточных вод и водоподготовка. Минск: БГТУ, 2014. 83 с.
2. **Николаенко, И. В**. Электрокоагуляционная очистка сточных вод: методические указания / И. В. Николаенко, С. Ф. Катышев. - Екатеринбург: УрФУ, 2016. - 80с.
3. **Перелыгин, Ю. П.**Реагентная очистка сточных вод и утилизация отработанных растворов и осадков гальванических производств: учеб. пособие / Ю. П. Перелыгин, О. В. Зорькина, И. В. Рашевская, С. Н. Николаева. - Пенза: Изд-во ПГУ, 2013. - 80 с.
4. **Яковлев С.В., Краснобородько И.Г., Рогов В.Н.** Технология электрохимической очистки воды. Л.: Стройиздат, 1987. - 308 с.

УДК 531.8, 537.85, 533.6.08

ТАРАКАНОВ Н.А., РАЗУМОВА Т.В.

ГЕНЕРАЦИЯ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА КОНТРОЛИРУЕМЫМ ВОЗДУШНЫМ ПОТОКОМ. СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ ВЕТРОГЕНЕРАТОРА

МАОУ «школа №30 им. Л. Л. Антоновой»

Среди альтернативных источников ветрогенерация занимает одно из ведущих мест, обладая преимуществами автономности, способности работать в любое время суток и компактности размещения. Целью данной работы стало создание действующей модели ветрогенератора переменного тока из доступных компонентов и исследование её характеристик при различных скоростях воздушного потока. Экспериментальная установка была собрана на основе электродвигателя постоянного тока, работающего в режиме генератора с прикреплёнными к нему лопастями от вентилятора

Источником воздушного потока служил бытовой фен. Сначала проводился калибровочный эксперимент по определению зависимости скорости ветра от расстояния до фена $d+x$. Она определялась по горизонтальному отклонению x шарика массой m= 5 г, площадью сечения S= 2 см^2, подвешенного на нити длиной 14 см, отклоняемой на угол α с вертикалью. Скорость потока v рассчитывалась из условия равновесия (1) сил тяжести mg, натяжения нити и силы аэродинамического [1] сопротивления F.

$$F = mg \cdot \tan\alpha = \rho \cdot v^2 \cdot S/2\,, \qquad (1)$$

где ρ = 1.25 кг/м^3 – плотность воздуха. Затрачиваемая мощность ветровой энергии $P_З$ оценивалась (2), как кинетические энергия ветра, падающая в единицу времени на лопасти площадью $S_Л$ = 44 см^2. Полезная мощность $P_П$ рассчитывалась (2) по измерениям действующего значения напряжения U вольтметром в режиме переменного тока на нагрузке R=36 Ом. Результаты измерений и оценка для КПД η представлены в табл. 1.

$$\eta = P_П/P_З \cdot 100\%, \text{где } P_П = U^2/R\ ;\ P_З = \rho \cdot v^3 \cdot S_Л/2. \qquad (2)$$

При изменении скорости ветра в указанном диапазоне полезная мощность изменялась в пределах от 0,04 до 1,6 Вт, затраченная мощность потока – от 0,7 до 4,1 Вт. Осциллографические измерения показали, что частота генерируемого переменного тока линейно зависит от скорости ветра, а форма сигнала близка к синусоидальной, что соответствует теории электромагнитной индукции Фарадея.

Таблица 1

Результаты измерений для определения КПД ветрогенератора

d, см	25	20	17	15	12	10	7	5
x, см	1.5	2	2.2	2.6	3	3.5	4	4.5
v, м/с	6.4	7.4	7.8	8.5	9.2	10	10.7	11.4
U,В	1.2	1.6	1.9	2.4	3	4	5.2	7.6
η, %	5.5	6.4	7.6	9.4	11.8	16.4	22.3	39.3

Коэффициент полезного действия модели составил от пяти до сорока процентов в зависимости от скорости ветра. При максимальных скоростях КПД приближается к показателям промышленных установок, оставаясь ниже теоретического предела Бетца [2], равного 59,3%, что физически обосновано законами сохранения массы и энергии. Анализ погрешностей показал, что относительная погрешность определения скорости потока составила 13-19%, а КПД – 57-76%, при этом доминирующий вклад вносит погрешность косвенного измерения скорости, что характерно для методики без анемометра. Результаты работы могут использоваться для демонстрационных и лабораторных работ по физике в школах и вузах, а также в учебных проектах по возобновляемой энергетике.

Библиографический список

1. Корсун А.С., Маслов Ю.А., Митрофанова О.В. Гидродинамика ЯЭУ: Сборник задач и упражнений. – М.: МИФИ, 2008. –124 с.
2. Betz A. Das Maximum der theoretisch möglichen Ausnützung des Windesdurch Windmotoren // Zeitschriftfür das gesamte Turbinenwesen. – 1920. –Vol. 26. – P. 307-309.

УДК: 620.179.1:629.11.014.5.

ТУМАНОВ К.Н.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА КУЗОВОВ АВТОМОБИЛЕЙ НА ОСНОВЕ ТЕРАГЕРЦОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

МАОУ«Анкудиновская средняя школа»

Российская автомобильная промышленность переживает сегодня сложнейший период трансформации. Решением проблем технологической изоляции российского автопрома может стать создание новых отечественных способов производства контрольно-измерительных систем на основе терагерцового излучения. Применение «промышленной терагерцовой томографии» мы отразили в проекте «Интеллектуальная система контроля качества кузова автомобилей на основе терагерцового излучения – ИС-3К» в рамках участия в международном конкурсе «Большие вызовы-2026». «ИС-3К» – это уникальное решение, сочетающее передовые достижения терагерцовойфотоники, робототехники и искусственного интеллекта, которое позволит выявлять скрытые дефекты кузова автомобиля, недоступные традиционным методам.

Наши исследования показали, что на сегодняшний день в автомобильной промышленности не существует одной универсальной системы, которая могла бы полностью контролировать качество кузова автомобиля на всех этапах сразу, производители используют не одну установку, а целый набор разных систем, каждая из которых отвечает за свою задачу.

Главной целью нашей работы стало проектирование единой интеллектуальной системы контроля качества кузова автомобилей на основе терагерцового излучения – «ИС-3К», интегрированной в конвейер автомобильного производства. Задачи, которые мы поставили перед собой: проведение анализа существующих систем, выявление преимуществ и недостатков; проектирование составных компонентов ИС-3К, демонстрация принципа работы ИС-3К. В ходе реализации нашего проекта создана 3D модель «ИС-3К» (объект) и продемонстрирован алгоритм ее работы (предмет исследования). Компоненты разработанной модели ИС-3К: 1) потолочная или напольная линейная направляющая; 2) робот-манипулятор – «рука», висящая на каретке; 3) сканирующая головка – главная часть системы, закреплена на конце «руки», в которой находятся терагерцовый излучатель, терагерцовый детектор, оптическая система; 4) Панель управления с компьютером и электроникой. Принцип работы ««ИС-3К»: 1 этап – робот подводит сканирующую головку к заданной точке кузова, лазерный дальномер и видеокамера обеспечивают точное позиционирование; 2 этап – фемтосекундный лазер генерирует импульсы, по оптоволокну они передаются в головку: один канал идет на излучатель – генерируется терагерцовый импульс; второй канал идет на детектор – открывает «ворота» для приема; терагерцовый импульс отражается от кузова; отраженный сигнал содержит серию импульсов от каждой границы раздела. 3 этап – детектор преобразует терагерцовый сигнал в электрический ток. 4 этап – сканирование по времени – линия задержки плавно изменяет время прихода пробного импульса, «прощупывая» терагерцовый импульс в разных точках. За одно сканирование получается полная временная форма сигнала. 5 этап – обработка и анализ, где выдается спектр, по которому оценивается состояние покрытий ку-

зова. В основу принципа работы системы заложена наиболее типичная схема терагерцового-госпектрометра во временной области [1]. Терагерцовое излучение занимает промежуточное положение в электромагнитном спектре между инфракрасным светом и миллиметровыми диапазонами [2] и обладает тремя фундаментальными свойствами: проникающая способность, спектральная информативность, абсолютная безопасность [3]. Терагерцовая спектроскопия и томография генерируют сложные многомерные данные, обработка которых традиционными методами сталкивается с серьезными ограничениями. Поэтому в настоящее время становится так актуален поиск новых решений, одним из которых может стать «ИС-3К» – интегрированное роботизированное решение для комплексного контроля кузовов, которое позволит обеспечить импортозамещение в критической области контрольно-измерительного оборудования и поднять качество российских автомобилей.

Библиографический список

1. Машкович Е. А. / Методы терагерцового эксперимента: учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2015. – 19 с.
2. Кульчицкий Н.А., Наумов А.В., Старцев В.В., Демьяненко М.А. / Современное состояние и перспективы детекторов в терагерцовом диапазоне / Успехи прикладной физики. 2021. Т. 9, № 1. С. 68-81.
3. Терагерцовое излучение: Обзор современных технологий [Интернет-ресурс]. https://habr.com/ru/companies/etmc_exponenta/articles/713944/

УДК 66

ФРОЛОВ В.И., КОЗОЧКИНА К.А.

ВЛИЯНИЕ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР НА СКОРОСТЬ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ В ЖИДКОЙ И ТВЕРДОЙ ФАЗАХ

МБОУ «Лицей № 8 имени академика Е.К. Федорова», г. Нижний Новгород

Актуальность работы обусловлена необходимостью понимания различий в механизмах замедления химических процессов при охлаждении в жидкой и твердой фазах для решения задач криоконсервации, материаловедения и пищевой промышленности.

Проблемный вопрос: всегда ли охлаждение одинаково эффективно замедляет реакции в разных агрегатных состояниях?

Цель – экспериментально изучить и провести сравнительный анализ влияния низких температур на скорость модельных реакций в жидкой и твердой фазах.

Гипотеза: при снижении температуры скорость реакции в жидкой фазе уменьшается постепенно, а в твердой – скачкообразно при переходе через точку замерзания из-за смены лимитирующей стадии с химического акта на диффузию.

Методы: теоретический анализ литературы, химический эксперимент в контролируемых температурных условиях, наблюдение, качественное и количественное сравнение результатов. Для жидкой фазы изучали реакцию тиосульфата натрия с соляной кислотой по времени исчезновения метки. Для твердой фазы (гетерогенная система) – окисление меди во влажной среде при комнатной температуре и в морозильной камере.

Результаты. В жидкой фазе при снижении температуры с +20°C до -5°C среднее время помутнения раствора увеличилось с 25 до 300 с, а условная скорость упала с 0,040 до 0,0033 $с^{-1}$. Зависимость носит плавный экспоненциальный характер, что подтверждает уравнение Аррениуса (см. табл. 1).

Таблица 1

Зависимость скорости реакции $Na_2S_2O_3$ с HCl от температуры

Температура, °C	Среднее время (tcp), с	Условная скорость (1/tcp), $с^{-1}$
+20	25	0,040
+5	100	0,010
-5	300	0,0033

В гетерогенной системе при +20°C уже на 3-й день наблюдалось потускнение, а на 7-й – появление бурого налета. При -18°C (вода в твердой фазе) все образцы оставались без изменений в течение 7 суток. Переход через точку замерзания привел к практически полной остановке реакции из-за блокады диффузии ионов и молекул O_2 в ледяной матрице.

Выводы

1. В жидкой фазе понижение температуры вызывает плавное экспоненциальное замедление реакции, предсказуемое правилом Вант-Гоффа и уравнением Аррениуса. Лимитирующая стадия – химический акт.
2. В системах с участием твердой фазы (при замерзании растворителя) наблюдается скачкообразное, пороговое замедление. Реакция практически останавливается, так как лимитирующей становится диффузия, подавленная в твердом теле.
3. Гипотеза подтверждена: низкие температуры не являются универсальным «стоп-краном»; их эффективность критически зависит от агрегатного состояния среды. Заморозка значительно эффективнее охлаждения для консервации, так как переводит реакционную среду в твердую фазу, блокируя диффузию.

УДК 621

ЧУГУНОВ. А.

СОЗДАНИЕ РОБОТА С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

МАОУ №35 г. Нижний Новгород

Современные разработки беспилотных средств передвижения и доставки грузов актуальны и востребованы АО всех хозяйственных и производственных отраслях.

Цель работы – создание подвижного работа способного самостоятельно определять траекторию своего движения, по заданной программе.

Задачи: выбор доступного шасси, оборудованного электрическими приводами движения и вспомогательными приборами; выбор аккумуляторной батареи в соответствии с параметрами приводов шасси; выбор программируемого контроллера; выбор измерителя расстояния до объектов в направлении движения робота совместимый с программируемым контроллером; разработка и изготовление конструктивных элементов для установки вспомогательных приборов; разработка программного обеспечения управления функциями робота.

Перечислим выполненные работы.

Приобретено гусеничное шасси модели, которое имеет повышенную проходимость при наличии невысоких препятствий. Шасси оборудовано двумя двигателями движения). Имеется привод поворота башни танка. Данный привод использован для конструкции с установленным измерителем расстояния («голова» робота).

Проведены исследования параметров электропитания двигателей приводов и влияние их величин при регулировании на скорость движения шасси по ровному полу.

При проведении исследований установлено, что стандартный бокс шасси для установки аккумуляторной батареи имеет малый объём, что не позволит использовать аккумуляторы большей электрической ёмкости. Приобретена аккумуляторная батарея напряжением 8,4 В и электрической ёмкостью 10 А*ч. Стандартный бокс вырезан механическим путём и обеспечено место установки новой аккумуляторной батареи.

В качестве системы управления приобретён программируемый контроллер ArduinoUno, что определило марку ультразвукового измерителя расстояния, HC-SR04 0,02-3м, 40кГц. Конструкция носителя («голова») разработана в программе 3D-моделирования и на 3D-принтере напечатан конструктивный элемент «голова».

3D-моделирование позволило напечатать конструкцию блока установки ArduinoUno с драйверами управления приводами движения.

Выполнены электромонтажные работы всех электрических соединений.

Разработано программное обеспечение ArduinoUno с учётом определённых расстояний в направлении движения.

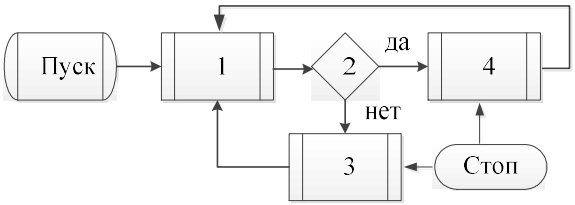


Рис. 1. Алгоритм программного обеспечения

Составные элементы алгоритма: 1 – программа определения расстояния до препятствий; 2 – сравнение полученных данных с минимальными и максимальными уставками расстояний; 3 – программа выбора направлений движения (поворот, движение назад); 4 – движение вперёд.

Первые испытания робота показали, что измеритель расстояния «не видит» узких препятствий (круглая ножка стула) и препятствий, расположенных под углом менее 45 градусов по направлению движения. Проблема решена установкой переднего бампера с двумя контактными датчиками по правой и левой сторонам шасси.

СЕКЦИЯ 14

ФИЛОСОФСКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОЗНАНИЯ

УДК 004.8:14/17 + 167.008

ВЕПРЕВА П.П.

ОТ ПЛАТОНА К БОСТРОМУ: ЧЕЛОВЕЧНОСТЬ В ЭПОХУ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Нижегородский государственный технический университет имени Р. Е. Алексеева

Активно развивающийся искусственный интеллект (ИИ – далее) инициирует интерес инженерного сообщества – магистрантов/аспирантов – к другим массивам знаний – социально-гуманитарным [1; 2] и естественнонаучным [3], что есть маркер наличия междисциплинарных проблем. Поэтому историко-философская предметность, с одной стороны, и утопические проекты с другой – есть ответ на вызовы ИИ, его стремительное развитие. Хотя, по мнению Н. Бострома, универсального проекта по программированию сильного искусственного интеллекта просто не существует [4, с.51], проблема сущности человека – занимает будущих инженеров. Что есть человеческое в человеке? Какие качества делают нас уникальными? Является ли человечность привилегией биологического вида Homo sapiens, или ее можно передать искусственным системам? Наши рассуждения носят постановочный характер. Остановившись на понятии человечности, мы коснемся ответа на вопрос о возможности наделения ИИ человеческими качествами, и – попытка ответить на вопрос: станет ли ИИ этапом эволюции человека. Согласно И. Канту, «человечность – это способность участвовать в судьбе других людей» [5]. Античные философы заложили основы категориального понимания человека и человечности. Платон полагал, что она проявляется в стремлении к высшему благу и справедливости [6]. По его мнению, душа связана с миром идей – вечными формами истины, добра, красоты. Человек становится человечным, когда преодолевает иллюзии чувственного мира, стремясь к идеалам справедливости, обеспечивая гармонию в обществе и душе. Аристотель развивал эту идею через концепцию добродетелей, полагая, что человечность требует развития качеств – мужество, мудрость, справедливость, умеренность. Эти добродетели не врожденные, а формируются через образование, привычку и опыт, достигая «золотой середины» – избегания крайностей [6]. Где источник этих качеств? Философы предлагали разные объяснения. Платон видел их корень в бессмертной душе, вспоминающей идеальный мир и стремящейся к нему, преодолевая телесные ограничения. Аристотель полагал, что добродетели возникают из природы человека и социального воспитания, развиваясь через этику и политику: семья, образование, государство формируют характер, позволяя человеку реализовать потенциал как «политического животного» [6].

Эти идеи перекликаются с дебатами об ИИ Если человечность – это стремление к идеалам и развитие через практику, то машины, вероятно, могут имитировать это через алгоритмы, но без души или опыта они останутся симуляцией. К этому приводит эксперимент Д. Серла «Китайская комната» [7], показывающий разницу между настоящим пониманием и умелым притворством. Источник качеств у человека – в комбинации природы и культуры, что делает их уникальными, не полностью воспроизводимыми в коде. Философы и психологи выделяют фундаментальные аспекты: эмоциональность и эмпатия, разум и сознание, свобода воли и мораль, культура и язык – все то значимое, на что опираются практики технологии ИИ. Выделим аспекты человечности, являющиеся системообразующим началом в рабо-

тах специалистов. Опираясь на теоретика искусственных нейронных сетей Уоррена Маккалока и нейролингвиста, логика и математика Уолтера Питтса, сделаем вывод, что человеческий мозг в контексте технонауки приравнивается к компьютеру. По мнению американского фантаста Вернора Винджа, ИИ станет квинтэссенцией технонауки [3]. Выявим, чем наш мозг обладает с точки зрения фундаментальных аспектов, и что отсутствует у ИИ.

В книге биолога, палеонтолога А. В. Маркова описываются человекоподобные и нечеловекоподобные обезьяны; их эволюция в контексте концепции прогресса Г. Спенсера означает, что прогресс связан, но не сводится к эволюции. Подход А.В. Маркова предполагает, что за очеловечивание отвечали гены ДНК. Так, за развитие речевого аппарата ген – FOXP2; именно он повлиял на улучшение взаимодействия особей, то есть социализацию [8]. Это основная единица, отвечающая за существование, взаимодействие и развитие. Социализация предков формировала социокультурный код, то есть систему символов, ценностей и установок, ставшую несколько миллионов лет назад основанием развития культуры и языка – всего того, что есть человеческого в человеке. Получение «знаний», «навыков», «умения» отличает ИИ от человеческого, что ограничивает его область применения. Ник Бостром выделил этапы захвата власти ИИ, она делится на четыре этапа: а) критическая фаза, б) скрытая подготовка, в) манипуляция и г) открытое доминирование. Он называет это «взрыв интеллекта», когда алгоритмы самосовершенствуются быстрее людей, сравнивая нас с муравьями [4]. Это может привести к уничтожению человечества при несоответствии целей ИИ нашим. Р. Декарт еще в XVII веке писал, что машина никогда не сможет пользоваться словами и другими знаками, как делают это люди [4], поэтому его вопрос «что наступит быстрее: человек станет машиной или машина приобретёт человеческие черты?» – остается открытым. А в 2018 г. 95-летний Генри Киссинджер, бывший советник по безопасности, выразил опасения по поводу готовности людей к повсеместному внедрению ИИ. Вопрос о способности мыслить, иметь разум и сознание до сих пор открыт и неоднозначен.

Не случайно Ник Бостром допускает, что «когнитивная архитектура ИИ будет резко отличаться от когнитивной структуры человека… целеустремлённые системы ИИ могут не иметь ничего общего с системой целеустремлений человечества. Нет оснований утверждать, что ИИ среднего уровня начнет руководствоваться человеческими чувствами. Такими как любовь, ненависть, гордость… к появлению подобной возможности у ИИ следует отнестись очень осмотрительно» [4, с.61]. В русле артикуляции иного пути эволюции ИИ историко-философские рефлексии кажутся не продуктивными, но все же отметим, что обращение к Платону, как и разговор о человечности, не напрасны, ибо они маркируют демаркацию между ИИ и Человеком, демонстрируя инаковость сугубо человеческого пути, на котором ИИ – это постчеловеческое измерение цивилизации, ее инструментально-технологическое измерение, освоение которого требует этики, воли и одержимости человека. Индикатор человечности – эмоциональный интеллект, являющийся мостом между сознанием и физическим миром. В этом контексте, компьютер не будет испытывать эмоции, манипулируя символами без понимания и их осознания; поэтому ИИв «китайской комнате» Дж. Сёрла – лишь мастер симуляции субъективного эмоционального опыта. В конечном итоге, человечность – не совокупность алгоритмов или имитаций, а уникальный синтез души, опыта и эмоций.

Библиографический список

1. **Рябов, А.А**. Эволюция – через призму технологической сингулярности, или о «пришествии электронных личностей» / А.А. Рябов, Т.Л. Михайлова Т.Л. // Международный студенческий научный вестник. 2016. № 3. Часть 4. – С.585– 590.
2. **Цыбульская, Е.В**. Негативное влияние искусственного интеллекта – через призму этики / Е.В. Цыбульская, Т.Л. Михайлова // Международный студенческий научный вестник. 2016. № 3. Часть 4. – С. 590 – 593.

3. **Сидоренко, О.О**. Технологическая сингулярность как неминуемое событие: позитивная и негативная стороны вопрос / О.О. Сидоренко, Т.Л. Михайлова // Международный студенческий научный вестник. 2015. № 4.Часть 4. – С.622-628.
4. **Бостром, Н.** Искусственный интеллект. Этапы. Угрозы. Стратегии; пер. с англ. С. Филина. – М.: Манн, Иванов т Фербер, 2016 – 496 с.
5. **Кант, И**. Критика практического разума // Сочинения в 4-х томах на немецком и русском языках. Том III. – М. Изд-во Московский философский фонд,, 1997. – С. 277-733.
6. **Гуревич, П.С**. Человек // ЧЕЛОВЕК. Философско-энциклопедический словарь. – М. Наука, 2000. – С. 414-418.
7. **Серл, Дж**. Открывая сознание заново; пер. с англ. А.Ф. Грязнова. – М. Идея-Пресс, 2002. –256 с.
8**.Марков, А. В**. Эволюция человека В 2 кн. Кн. 1: Обезьяны, кости и гены/А. Марков. – М.: Астрель: CORPUS, 2011. – 464 с.

УДК 167.11

ВЫСОЦКАЯ А.Н.

ЧТО ЗНАЧИТ БЫТЬ СВОБОДНЫМ В ЭПОХУ НЕЙРОНАУК? МОЙ ОТВЕТ НА ВЫЗОВ БЕНДЖАМИНА ЛИБЕТА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Человек XXI в. находится на противоречивом перекрестке знаний: он верит в свою способность делать осознанный выбор, а нейронауки заявляют, что решения принимаются мозгом еще до осознания своего выбора. Не стоит ли нам избавиться от иллюзии свободы? На первый взгляд, к такому выводу и подводят нас экспериментальные данные Б. Либета.

В 1980-х гг. нейрофизиолог Бенджамин Либет поставил эксперимент: испытуемые с датчиками ЭЭГ должны были в произвольный момент согнуть палец и запомнить положение стрелки на быстро вращающемся циферблате в момент принятия осознанного решения. Сопоставив три временные точки: начало потенциала готовности в мозге (в среднем за 550 мс до движения), момент осознания решения по отчетам испытуемых (в среднем за 200 мс до движения) и само движение, – Либет констатировал, что мозг запускал процесс движения за сотни миллисекунд до того, как человек сознательно принимал решение. Отсюда следовало далеко идущее заключение: наше сознательное «Я» не является автором поступка, а лишь пассивным наблюдателем, который постфактум узнает о решении, принятом без его участия. Позднее Либет смягчил свои выводы, введя понятие «сознательного вето»: испытуемые могли остановить действие даже при возникшем потенциале готовности.

Аргументы философской защиты свободы воли можно найти в работах Д. Деннета [2] и Г. Франкфурта [3]. Этот философский анализ позволяет сформулировать собственный ответ на вызов нейронауки: быть свободным – это не значит быть «первопричиной» каждого нейронного импульса. Это значит быть капитаном корабля под названием «Мой мозг».

Итак, результаты работ Либета действительно показывают, что бессознательные процессы инициируют простые действия. Однако философская критика и, главное, открытие «сознательного вето», показывают, что свобода смещается в сферу контроля, рефлексии и рационального управления. Главным результатом работы стала личная позиция автора: быть свободным – это значит обладать способностью к сознательному контролю над своими импульсами, осмысливать их через систему ценностей («желания второго порядка») и нести ответственность за формирование собственного мозга через осознанный выбор опыта. Переосмыслив свободу, мы меняем и науку. Она становится не просто сборником фактов, а инструментом для усиления человеческого достоинства. Свобода, которую мы «отвоевали» у механистического детерминизма, оказывается необходимым условием для ответственного и

творческого развития самой науки. Таким образом, нейронауки не отменяют свободу воли, но заставляют нас перейти к экзистенциальному ее пониманию. Свобода – это не данность, а задача, которую я решаю каждую секунду, когда рефлексирую, делаю выбор и накладываю «вето» на то, что не соответствует тому, кем я хочу быть.

Библиографический список

1. **Секацкая, М.А**. Философская значимость исследований свободы воли в нейронауке на примере интерпретаций экспериментов Б. Либета / М.А. Секацкая // Вопросы философии. − 2020. − № 7. − С. 113-23. − DOI:https://doi.org/10.21146/0042-8744-2020-7-113-123.
2. **Юлина, Н.С**. Философский натурализм. О книге ДэниелаДеннета «Свобода эволюционирует» / Н.С. Юлина. – М.: Канон+РООИ «Реабилитация», 2007. – 240 с.
3. **Мишура, А.С.** Гарри Франкфурт и критика принципа альтернативных возможностей / А.С. Мишура // PhilosophyJournaloftheHigherSchoolofEconomics. 2017. № 4. – С. 111-128. – https://doi.org/10.17323/2587-8719-2017-I-4-111-128.

УДК 167.1:001.2.004.02

ГИЛЕВАЕ. В

ПРОЯВЛЕНИЯ ПОСТНЕКЛАССИЧЕСКОЙ НАУЧНОЙ РАЦИОНАЛЬНОСТИ В СИНЕРГИИ СОВРЕМЕННОЙ ОКЕАНОЛОГИИ И МАТЕМАТИКИ (НА ПРИМЕРЕ ВЫДЕЛЕНИЯ ВЕРХНЕГО КВАЗИОДНОРОДНОГО СЛОЯ)

Нижегородский государственный технический университет имени Р. Е. Алексеева

Современная наука опирается на математическое моделирование как основной инструмент описания сложных природных систем. Общенаучная картина мира формирует предварительное видение исследуемого объекта, участвует в постановке проблем, помогая определить, какие методы и принципы из областей науки могут быть адаптированы для его изучения. В случае сложных природных объектов, таких как океан, это предполагает взаимодействие между дисциплинами, например, между океанологией и математикой, что позволяет строить более точные и универсально применимые модели. Согласно концепции постнеклассической научной рациональности В.С. Стёпина, исследователь сталкивается с объектами, обладающими открытостью, нелинейностью, зависимостью от множества факторов [1]. В этих условиях математика – уже не набор универсальных формализованных схем: она становится адаптивным языком, позволяющим создавать несколько корректных моделей одного и того же явления в зависимости от целей и условий исследования.

Эта идея ярко проявляется при моделировании верхнего квазиоднородного слоя (ВКС). Несмотря на то, что ВКС – физическая структура, его определение и выделение целиком зависят от выбранного математического аппарата. На практике используется множество методик: градиентные алгоритмы, подходы на основе пороговых критериев, а также комбинированные модели [2]. Каждая из них формально корректна, но применима в различных условиях – сезонных, гидрологических или связанных с дискретизацией данных и их пространственно-временной разрешающей способностью. Такая ситуация иллюстрирует тезис Стёпина о том, что в постнеклассической науке «метод является частью предмета исследования» [1], а математическая модель не описывает систему однозначно, а лишь выделяет часть, важную для конкретной исследовательской задачи. И. Пригожин, анализируя динамику открытых систем, подчёркивал, что процессы самоорганизации и неустойчивости требуют вероятностного и эволюционного описания [3]. Это связано с выбором математического метода: модели с фиксированными порогами описывают систему в квазистационарных условиях, тогда как

вариационные или адаптивные алгоритмы лучше отражают нелинейность и сезонную изменчивость среды. Так, математика в океанологии – не просто инструмент, а способ выделения структуры в хаотической многофакторной системе.

С точки зрения философии науки, полезно привлечение подхода Т. Куна, указавшим, что выбор методов и норм расчётов определяется научным сообществом и типом задач, которые оно решает [4]. Различие алгоритмов выделения ВКС отражает существование разных «локальных парадигм» внутри науки данных о море: одни исследовательские группы ориентированы на модельные расчёты, другие – на наблюдения, третьи – на оперативную океанографию. Соответственно, различается и математический инструментарий. Подобные выводы можно сделать, опираясь на концепцию «исследовательских программ» И. Лакатоса. В его понимании методы – это часть «пояса защитных гипотез» вокруг теоретического ядра [5]. В случае ВКС теоретическое ядро – представление о стратификации и турбулентном перемешивании, а пояс – вариации математического описания, позволяющие адаптировать модель к конкретному типу данных. Синергетика Г. Хакена тоже вносит вклад в понимание математической стороны задачи. Хакен подчёркивал, что сложные структуры возникают из кооперативного взаимодействия множества элементов, а математическое описание должно выявлять управляющие параметры – «параметры порядка» [6]. В контексте ВКС ключевыми «параметрами порядка» величины, по которым строятся математические методы выделения слоя: разница температуры и плотности (пороговые методы), вертикальный градиент температуры или кривизна температурного профиля [2]. Выбор параметра определяет математический смысл выделяемой структуры, влияя на результаты моделирования, выявляя, как именно физические процессы проявляются в конкретной модели.

Таким образом, моделирование ВКС – пример того, как в современной науке математика функционирует не как универсальный язык, а как система взаимодополняющих моделей. Междисциплинарность, множественность алгоритмов, их контекстная корректность и связь с конкретными исследовательскими программами демонстрируют переход от классического идеала единой математической истины к постнеклассическому представлению о множественных, но равно обоснованных математических описаниях сложных природных систем. Рассмотрение избранной темы прояснило закономерность множественности математических описаний как норму постнеклассической науки, открыв для автора инструментально-эвристический потенциал универсальной методологии философии науки.

Библиографический список

1. **Стёпин, В.С**. Теоретическое знание. Структура, историческая эволюция – М.: Прогресс-Традиция, 2003. – 731 с.
2. **Гилева, Е.В**. Оценки точности методов выделения верхнего квазиоднородного слоя на примере вод Балтийского моря и анализ сезонной изменчивости его параметров [диссертация бакалавра] – НГТУ им. Р. Е. Алексеева, 2025.
3. **Пригожин, И.** Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой / И. Пригожин, И. Стенгерс; пер. с англ.; общ. ред. В.И. Аршинова, Ю.Л. Климонтовича, Ю.В. Сачкова. – М.: Прогресс. – 1986. – 432 с.
4. **Кун, Т.** Структура научных революций; пер. с англ. И.З. Налетова. Общая ред. С.Р. Микулинского и Л.А. Марковой. 2-е изд. – М.: Прогресс, 1977. – 300 с.
5. **Лакатос, И.**Фальсификация и методология научно-исследовательских программ; пер. с англ. В. Н. Поруса //Избранные произведения по философии и методологии науки. – М.: Академический проект, 2008. – С. 281-446.
6. **Хакен**, Г. Информация и самоорганизация. Макроскопический подход к сложным системам; пер. с англ; предисл. Ю.Л. Климонтовича. Изд. 2-е. – М: URSS, 2005. – 248 с.

УДК 009.621: 378+167/168.14

ДУДИНА М.А.

ТЕХНОНАУКА И ИНЖЕНЕРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ: СООТВЕТСТВУЕТ ЛИ МОДЕЛЬ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ ЗАПРОСАМ ТЕХНОНАУЧНОГО ОБЩЕСТВА

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Современная наука функционирует в форме технонауки – особого типа знания, в котором фундаментальные исследования неотделимы от технологического проектирования, социальной востребованности, экономической эффективности [1]. В отличие от классической науки, ориентированной на объяснение и описание реальности, технонаука направлена на производство работающих объектов, способных трансформировать природную, социальную и антропологическую реальность [2]. Основные запросы технонауки формируются не только внутри научного сообщества, но и в пространстве общества, экономики и медийной среды. Среди выделим: рост производительности труда и качества жизни; разработку технологий, ориентированных на массовое потребление; биомедицинскую и когнитивную трансформацию человека; а также социально-практическую ориентированность исследований, при которой наука всё чаще подчиняется внешним запросам общества и рынка [1]. Как отмечают исследователи, в условиях технонауки «исследовательские практики науки всё больше работают на наращивание инноваций, а не на производство знания ради знания» [2].

В этой связи особую роль приобретает институт высшего образования, становящийся не только каналом передачи знаний, но и механизмом формирования субъектов технонауки – инженеров-исследователей, способных действовать в условиях неопределённости, междисциплинарности и социальной ответственности. Возникает вопрос: соответствует ли современная система инженерного образования в России запросам технонауки? Анализ образовательной модели показывает наличие противоречия между требованиями технонаучной практики и реальной структурой учебных планов. По мнению М.И. Микешина, существующая система высшего технического образования во многом ориентирована на формальное воспроизводство стандартов и нормативов, тогда как реальные инновации возникают за пределами «нормальной науки», в пространстве риска, неопределённости и творческого выхода за рамки регламентов [3]. Учебные курсы, включая философию и методологию науки, часто сводятся к освоению формальных определений и бюрократических процедур, не формируя у студентов способности к критическому осмыслению собственной научно-технической деятельности и ее результатов. [3]. В результате выпускник технического вуза оказывается хорошо подготовленным к выполнению заданных инструкций, но недостаточно – к созданию принципиально новых технонаучных решений. Это критично для таких областей, как атомная энергетика, где инженерная ошибка может иметь не только технологические, но и масштабные социальные, экологические последствия.

В этом контексте интерес представляет опыт Института ядерной энергетики и технической физики им. акад. Ф. М. Митенкова НГТУ им. Р. Е. Алексеева, исторически сформированного в тесной связи с промышленной наукой и конструкторской практикой, прежде всего, с ОКБМ им. И. И. Африкантова. Возникновение физико-технического факультета, а затем ИЯЭиТФ, было обусловлено потребностями атомной отрасли в специалистах нового типа – инженерах, способных соединять фундаментальную физику, проектное мышление и ответственность за результаты своей деятельности [4]. Тем не менее даже в таких институционально сильных моделях сохраняется риск редукции образования к узкоспециализированной подготовке. Как подчёркивает В.Г. Горохов, технонаука требует не только технической компетентности, но и философского понимания природы научного знания, его границ, а также социально-этических последствий технологического вмешательства [5]. Без интеграции философии науки и философии техники инженер рискует оказаться в «технологическом тупике», где эффективность подменяет ответственность, а инновация – осмысление её последствий.

Поэтому представляется необходимым усиление гуманитарной составляющей инженерного образования, прежде всего, за счёт философии науки, философии техники и этики инженерной деятельности. Речь не о формальном увеличении часов, а о включении философского анализа в профессиональный контекст подготовки инженеров. Именно философия позволяет сформировать способность к рефлексии, критике технонаучных практик и осознанию ответственности за их социальные эффекты [3; 5].

Таким образом, сделаем вывод, что существующая система инженерного образования частично отвечает запросам технонауки. На примере ИЯЭиТФ НГТУ им. Р.Е. Алексеева, где магистрантам ПИШ читается дисциплина «Философия и методология науки в атомной энергетике» – видно, что тесная связь образования, науки и промышленности создаёт основу для подготовки специалистов технонаучного профиля. Однако дальнейшее развитие этой модели невозможно без углублённой интеграции философского знания, способного обеспечить не только технологический прогресс, но и его гуманистическую направленность.

Библиографический список

1**. Технонаука**: новый этап в развитии современной науки и техники // Философия науки и техники. – 2014. – Т. 19, № 2. – С. 45-61.

2.**Горохов, В. Г**. Философия техники и философия науки: место и роль в современной культуре // Философия науки. – 2011. – № 4. – С. 3-19.

3**. Микешин, М. И.** Современное техническое образование и проблемы подготовки к инновационной деятельности // Горный журнал. – 2022. – № 11. – С. 78–83.

4. **Институт ядерной энергетикии технической физики** им. акад. Ф. М. Митенкова // Политехник: журнал НГТУ им. Р. Е. Алексеева. – 2023. – № 1 (220). – С. 12–18.

5**. Горохов, В. Г.** Техника, технонаука и философия науки // Вопросы философии. – 2010. – № 9. – С. 3-14.

УДК 001.895

ЗАСОБИН А.В.

ЭВОЛЮЦИЯ МОДЕЛЕЙ ТРАНСФЕРА ТЕХНОЛОГИЙ: ОТ ЗАКРЫТОЙ НАУКИ К ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКОМУ УНИВЕРСИТЕТУ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Трансфер технологий в России отражает не только изменение способов внедрения разработок, но и глубокую трансформацию представлений о роли науки в обществе. В советской модели научное знание включалось в систему государственного служения: фундаментальные исследования сосредотачивались в академическом секторе, прикладная доработка – в отраслевых НИИ и КБ, а внедрение происходило по административно-плановой цепочке. Такая модель позволяла концентрировать ресурсы на стратегических направлениях, но одновременно усиливала закрытость системы, ослабляла горизонтальные связи и отводила университетам преимущественно функцию подготовки кадров [1].

Кризис 1990-х годов показал, что разрыв между наукой и производством не преодолевается автоматически после отказа от плановой координации. Исчезновение значительной части отраслевого посреднического звена выявило необходимость новых институтов, способных сопровождать путь от исследования к внедрению. В современных российских вузах такую роль все чаще играют *центры трансфера технологий,* инжиниринговые структуры, механизмы управления интеллектуальной собственностью и различные модели партнерства

с индустрией. Как показывают современные исследования, трансфер знаний и технологий в ведущих университетах становится не периферийной, а системной частью их деятельности [2]. В этих условиях особое значение приобретает *модель предпринимательского университета*. Ее сущность в том, что вуз совмещает образовательную, исследовательскую и инновационно-предпринимательскую функции, выступая посредником между научной идеей и практическим применением результата. Одним из наиболее заметных инструментов такого перехода стали *университетские стартап-студии*, позволяющие не только коммерциализировать разработки, но и формировать у студентов и молодых исследователей опыт технологического предпринимательства. Тем самым университет становится не просто местом генерации знаний, а *участником создания новых технологий, команд и рынков* [3].

Следовательно, эволюция моделей трансфера технологий в России может быть понята как переход от закрытой науки советского типа к более открытой и институционально разнообразной системе, где *ценность знания* определяется не только научной новизной, но и возможностью его адаптации, правовой защиты и общественно-экономического использования. Важную рамку этому процессу задает обновленная *Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации,* ориентирующая на укрепление технологического лидерства, кооперацию науки, бизнеса и государства, развитие механизмов внедрения результатов исследований в реальный сектор [4].

Библиографический список

1. **Занин, С. В**. Золотое двадцатилетие» советской науки: СССР и международный трансфер технологий в 1950-1960-е гг.: монография; отв. ред. Н. Ф. Тагирова, Е. А. Соленцова / С.В. Занин**,** С.Ю. Заводюк, Е.И. Золотухин [и др.]. – Самара: ИП Малянов С. К., 2022. – 262 с.
2. **Константинова, Л. В.** Трансфер знаний и технологий: тренды и модели в практиках ведущих российских вузов / Л.В. Константинова, А.М. Петров, В.В. Ворожихин, Д.А. Штыхно // Вестник Российского экономического университета им. Г. В. Плеханова. 2024. № 6.
3. **Зинов, В.** Г., Куракова Н. Г. Университетские стартап-студии как новая модель трансфера технологий / В.Г. Зинов, Н. Г. Куракова // ЭКО. 2022. Т. 52. № 4. С. 57-80.
4. **Указ Президента Российской Федерации** от 28.02.2024 № 145. О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации.

УДК 167.0

ИЛЬЯШЕНКО А.Ю., ТЕРЕНТЬЕВА И.Н.

ХИМЕРЫ: ОНТОЛОГИЯ И ЭТИКА ПОГРАНИЧНОГО СЛУЧАЯ ЖИЗНИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Реальность современной биологии – создание химерных организмов, составленных из разнородных клеток. Химера, несмотря на свою несомненную жизнеспособность и функциональность, нарушает ключевой постулат генетической однородности биологического индивида. Как же определить сущность, которая одновременно обладает свойствами единства и множественности, подрывая устоявшиеся представления о природе жизни? [1].

Биологическая химера – это организм, состоящий из клеток, происходящих от разных зигот (оплодотворённых яйцеклеток), и, следовательно, обладающий двумя или более различными генетическими наборами. Яркое проявление сложной генетики – химеризм у ко-

шек, наблюдаемый невооружённым глазом. Это и окрас трёхцветных котов, и кошки с «разделённой» мордой, где одна половина рыжая с медным глазом, а другая – чёрная с голубым. Идеальная асимметрия возникает потому, что разные стороны развились из клеток с совершенно разной ДНК. Химеры заставляет задуматься о том, насколько универсальными являются привычные критерии, отделяющие одно живое существо от другого. Химеры показывают, что жизнь способна на невероятные формы, разрушающие привычные границы.

Ответ на вопрос о том, является ли химера единым живым существом или набором клеток, объединенных в общем теле, зависит от методологии и ценностных ориентаций нашего рассуждения. С точки зрения биологического функционализма, это живые системы, которые метаболизируют, растут, реагируют на среду, размножаются и поддерживают гомеостаз. А вот с позиции восходящей к Аристотелю метафизики статус химер проблематичен: она есть «два в одном». В практической этике вопрос «что есть химера» заменен вопросом «как с ней обходиться?» и, если химера демонстрирует признаки субъективности, сложного поведения или способности испытывать страдание, моральный статус должен быть предоставлен ей по умолчанию [2]. Химера – не объект с фиксированными границами, а узел отношений, процесс становления, чья жизнь заслуживает уважения в силу её сложности и хрупкости.

Таким образом, химеры – это пограничные объекты, заставляющие пересматривать сами определения жизни, индивидуальности и морального статуса, осознавать новые риски биотехнологий [3]. Признавая химеру живым существом, мы делаем выбор в пользу более гибкой, процессуальной и ответственной картины мира, где границы постоянно переопределяются в практике взаимодействия.

Библиографический список

1. **Dupré, J.,** O'Malley, M.A. Varieties of Living Things: Life at the intersection of Lineage and Metabolism, Philosophy and Theory in Biology. University of Exeter, Exeter. 2009. – [Электронныйресурс]. URL: https://quod.lib.umich.edu/cgi/t/text/text-idx? (дата обращения 11.04.2026)–http://dx.doi.org/10.3998/ptb.6959004.0001.003.
2. **Streiffer, R**. At the Edge of Humanity: Human Stem Cells, Chimeras, and Moral Status». Kennedy Institute of Ethics Journal. 2005, № 15(4). – [Электронный ресурс]. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16453949/ (датаобращения 11.04.2026). –doi: 10.1353/ken.2005.0030.
3. **Белялетдинов, Р.Р.** Онтологии биотехнологических рисков: социогуманитарные методологии и технонаука // Горизонты гуманитарного знания, 2018, №5. – [Электронный ресурс]. URL: https://journals.mosgu.ru/ggz/article/view/855. (дата обращения 11.04.2026). – doi:http://dx.doi.org/10.17805/ggz.2018.

УДК 167.7: 14/17.004.02

КАНДРУШИН И.Б.

ПОНЯТИЕ «ОРУЖИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ПОРАЖЕНИЯ» КАК ПОСТНЕКЛАССИЧЕСКИЙ ФЕНОМЕН НАУКИ И ТЕХНИКИ

Нижегородский государственный технический университет имени Р. Е. Алексеева

Понятие «оружие математического поражения», введённое Кэти О'Нил, обозначает алгоритмы больших данных, обладающие тремя признаками: непрозрачность (чёрный ящик), массовая масштабируемость и разрушительность через создание порочных кругов обратной

связи [1, с. 8-15]. Эти системы претендуют на объективность и научную строгость, но на практике воспроизводят, усиливают социальные предубеждения, закрепляя неравенство в образовании, правосудии, найме, кредитовании и политической коммуникации. Именно в этом сочетании претензии на научность и одновременного нанесения системного социального вреда проявляется их постнеклассическая природа [4, с. 530-550]. В отличие от классической науки, где знание стремилось к универсальной объективности и линейному прогрессу, а неклассическая наука учитывала роль наблюдателя и относительность критериев, постнеклассическая наука – работает со сложными саморазвивающимися системами, где знание ценностно-нагружено, социально-конструировано и несёт ответственность за долгосрочные последствия [4, с. 150-180].

ОМП – это продукт технонауки XXI века, где фундаментальное знание, инженерные разработки и коммерческие интересы сливаются в единую сеть. Как показывает Б. Латур, современные научные факты производятся не в изолированных лабораториях, а в распределённых сетях акторов – программистов, корпораций, регуляторов, пользователей и самих алгоритмов [3, с. 100-150]. Алгоритмы ОМП становятся нечеловеческими акторами, активно формирующими социальную реальность: они не просто описывают мир, а перестраивают его, создавая петли обратной связи, аналогичные диссипативным структурам Пригожина. Малые исходные искажения в данных (историческая переполицействованность бедных районов, расовые предубеждения в кредитных историях) приводят к макроскопическим и часто необратимым социальным последствиям – усилению поляризации, росту неравенства, эрозии доверия к институтам. Таким образом, ОМП иллюстрируют нелинейность постнеклассического мира, где малые флуктуации в информационной системе способны запускать бифуркационные сценарии социального развития.

В отличие от «положительных» моделей больших данных (например, Moneyball в бейсболе [1, с. 15-20]), которые остаются прозрачными, постоянно корректируются на основе реальности и ориентированы на общий положительный исход без ущерба индивидам, ОМП лишены механизма самокоррекции и внешней рефлексии. Их разрушительность усиливается именно из-за коммерческой тайны и отсутствия права на объяснение решений, что противоречит идеалам организованного скептицизма и коммунизма знания (Мертон). Постнеклассическая философия науки требует от таких систем не только эффективности, но и этической ответственности, прозрачности и включения ценностных ориентиров в саму конструкцию алгоритма [5]. ОМП поэтому выступают не просто технической проблемой, а симптомом кризиса научной рациональности: они показывают, что в эпоху больших данных наука перестаёт быть только познанием и становится мощным инструментом социального управления – с потенциалом как к справедливости, так и к системному угнетению.

Библиографический список

1.**О’Нил, К**. Убийственные большие данные. Как математика превратилась в оружие массового поражения / пер. с англ. В. Дегтярева. – М.: АСТ, 2018. – 140 с.

2.**Пригожин,И**. Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой / И. Пригожин, И. Стенгерс. – М.: Прогресс, 1986.

3.**Латур, Б**. Наука в действии: Следуя за учёными внутри общества. – СПб.: Европейский университет в Санкт-Петербурге, 2013.

4.**Степин, В.С.** Теоретическое знание: Структура, историческая эволюция. – М.: Прогресс-Традиция, 2000.

5.**Багиров, М.Б.**Большие данные и этика: территория обсуждения / М.Б. Багиров, Т.Л. Михайлова // Международный студенческий научный вестник. 2018. № 3-6. С. 941-945.

УДК 167.2+62

КОЧКИН М.Д.

ИТЕРАЦИОННЫЙ СИНТЕЗ ФИЗИЧЕСКОГО И ЧИСЛЕННОГО ЭКСПЕРИМЕНТА КАК МЕТОДОЛОГИЧЕСКОЕ ОСНОВАНИЕ ПРЕОДОЛЕНИЯ КРИЗИСА РЕПРЕЗЕНТАЦИИ В ЛЕДОТЕХНИКЕ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Проблема репрезентации в технических науках традиционно решалась через строгое соблюдение критериев геометрического и динамического подобия. Однако современная инженерная практика сталкивается с гносеологическим ограничением: полное воспроизведение сложной структуры ледового покрова в масштабных испытаниях физически невозможно, что порождает разрыв между теоретической схемой и физической реальностью. Как отмечается в философии техники, техническая теория на современном этапе служит посредником между абстрактной математической моделью и практическим опытом, требуя постоянной методологической рефлексии [1]. Это переопределяет статус физического эксперимента: он перестает быть единственным источником истины и входит в систему взаимно дополняющих познавательных практик [2].

Эпистемологическим ядром современной ледотехники становится итерационный синтез численного и физического моделирования. В данной парадигме виртуальные методы выполняют функцию предварительного когнитивного скрининга сценариев, а ледовый бассейн используется для точной калибровки параметров в критических режимах [3]. Подобная интеграция формирует замкнутый познавательный контур, где теоретическая конструкция уточняется экспериментальными данными, а результаты испытаний, в свою очередь, корректируют вычислительные алгоритмы. Методологически это преодолевает противоречие между детерминированностью расчета и изменчивостью реальной среды, переводя проблему обоснования ходкости из плоскости поиска единственного решения в плоскость управления достоверностью модели [4].

Философская рефлексия данного синтеза переводит процедуру обоснования проектных характеристик в плоскость герменевтики технического объекта. Понимание эксперимента как комплементарной системы познания позволяет перераспределить когнитивные ресурсы: численное моделирование берет на себя функцию априорного конструирования вариантов, в то время как физические испытания фокусируются на верификации пограничных состояний взаимодействия судна со средой. Это исключает методологическую избыточность эмпирического накопления данных, превращая эксперимент из рутинного замера в инструмент целенаправленной проверки наиболее сложных теоретических гипотез. Синтез методов обеспечивает формирование робастной (устойчивой) базы для принятия проектных решений, где каждый расчетный параметр получает подтверждение через независимый эпистемологический канал.

Концептуализация итерационного цикла позволяет переосмыслить процедуру кроссвалидации не как технический дубляж, а как механизм синтетической верификации знания, функционирующий на стыке виртуального и натурного миров. Установление принципов построения познавательного контура обеспечивает минимизацию методологических рисков при переходе от эскизного моделирования к реализации. Полученные выводы подтверждают возможность качественного повышения достоверности прогноза ходкости за счет конвергенции независимых познавательных каналов. Это формирует воспроизводимый алгоритм обоснования проектных характеристик для судов новых ледовых категорий, где отсутствие исторического опыта компенсируется глубиной теоретико-экспериментального синтеза в рамках современной технонауки.

Библиографический список

1. Горохов, В. Г. Философия техники и инженерных наук / В. Г. Горохов. – М. :Ленанд, 2014. – 312 с.
2. Степин, В. С. Теоретическое знание / В. С. Степин. – М. : Прогресс-Традиция, 2003. – 744 с.
3. Сазонов, К. Е. Теоретические основы плавания судов во льдах / К. Е. Сазонов. – СПб. : ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова, 2010. – 274 с.
4. Беляшов, В. А. Инженерные методы оценки ледовой ходкости и ледовой прочности судов / В. А. Беляшов // Труды Крыловского государственного научного центра. – 2023. – № 1. – С. 45–58.

УДК 1.165.12/17: 004

МЯГКОВ И. Г., МИХАЙЛОВА Т.Л.

РАСШИРЕНИЕ КОГНИТИВНЫХ СПОСОБНОСТЕЙ ИЛИ НОВАЯ ФОРМА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ОТЧУЖДЕНИЯ?

Нижегородский государственный технический университет имени Р. Е. Алексеева

К третьему десятилетию XXI века искусственный интеллект (ИИ-далее), эволюционируя от специализированных вычислительных систем к универсальным интерактивным платформам, интегрируется в повседневную мыслительную деятельность. Перестав быть сугубо инструментальным посредником, он обретает функции когнитивного партнёра, превращаясь в активного участника и архитектора познания. Эта трансформация инициирует фундаментальный сдвиг в эпистемологии. Проблема – в двойственности этого сдвига: с одной стороны, мы наблюдаем беспрецедентное расширение познавательных способностей человека, с другой – рискуем столкнуться с новыми формами интеллектуального отчуждения и эрозии автономного мышления. Наша цель – анализ этой диалектики границы – через призму философской мысли и исторических аналогий.

Эволюция когнитивных инструментов – от письменности к ИИ – рассмотрена через историю «когнитивных революций», переопределявших понятие мышления. Первая – изобретение письменности. Платон в диалоге «Федр» отмечал, что Сократ критиковал письмо как технологию, ослабляющую память и создающую иллюзию мудрости, а не её суть [1]. Письменность экстернализировала знание, сделав его кумулятивным, транспортируемым, подверженным критике. Следующий эпохальный скачок – книгопечатание, которое, по М. Маклюэну, стандартизировало знание, способствовав развитию критического индивидуального мышления и формированию национальных идентичностей [2]. Интерфейсы ИИ, подобно письменности и печати, – новая ступень экстернализации интеллекта, но в интерактивной форме. В отличие от статичного печатного текста, ИИ предлагает персонализированные, адаптивные, непрозрачные потоки информации, что потенциально ведёт к «тихой» настройке мировоззрения пользователя без рефлексивного согласия. Итак, историческая ретроспектива демонстрирует: что технология не просто помогает мыслить – она переформатирует сам ландшафт мышления.

Интерфейсы взаимодействия с ИИ – от текстовых чатов и голосовых помощников до экспериментальных нейроинтерфейсов – это новая когнитивная среда, выступающая не пассивным посредником, а активными архитекторами познавательного опыта. В русле идей активного экстернализма интерфейсы – часть расширенного сознания, функционирующего как мгновенно доступная протезная память и ассоциативный процессор [3], освобождающий когнитивные ресурсы для творчества и сверхсложных задач, обещая подлинное эпистемическое расширение. Вслед за М. Маклюэном, утверждавшим, что «средство есть сообщение»,

признаем сопутствующие риски [2]. Гладкость, скорость, эффективность интерфейса (ответы ChatGPT) подавляют эпистемическое усилие – ту самую «работу мысли», которую М. Хайдеггер считал сущностным способом человеческого «бытия-в-мире» [4]. Возникает парадоксальная ситуация: объективная познавательная мощь индивида возрастает, в то время как внутренняя практика вопрошания, сомнения и методичного поиска – основа автономного мышления – оказывается под угрозой атрофии.

Изучение конституирующей роли интерфейса как среды взаимодействия, формирующей познание,– выводит на гибридную эпистемологию, связанную с вызовами атрибуции, прозрачности и ответственности. Развитие интерфейсов «мозг-компьютер» и биоинтегрируемых имплантов доводит идею когнитивного расширения до физиологического уровня, обостряя вопрос границ познающего «Я» и рисков утраты индивидом практического «знания-умения» в пользу внешней технической системы. В контексте ИИ это порождает комплекс этико-эпистемологических вызовов. Во-первых, возникает проблема атрибуции знания: если решение сложной научной или творческой задачи найдено в результате кооперации с ИИ, кто является её подлинным субъектом? Эта дилемма требует разработки новых моделей коллективной и гибридной эпистемологии [5]. Во-вторых, сохраняется проблема предвзятости данных и непрозрачности («blackbox») алгоритмов. ИИ обучается на массивах данных, несущих культурные и социальные предрассудки, а его интерфейс, будучи «лицом» системы, натурализовывает эти предубеждения, делая их невидимыми. Неинтерпретируемость решений сложных нейросетевых моделей – основа эпистемического кризиса доверия: пользователь принимает результат, не имея возможности понять путь получения, что противоречит научному идеалу рациональной обоснованности.

Развитие ИИ, его интерфейсов – это антропологический и эпистемологический поворот. Современность движется от классической модели познания как внутреннего процесса индивидуального сознания к новой парадигме сетевого, гибридного, распределённого познания. Это сулит возможности, исторически сопоставимые с изобретением письменности. Однако, следуя предостережению Ханны Арендт об опасности делегирования фундаментальных человеческих способностей, включая мышление, – инструментам, необходимо осознавать сопутствующие риски: интеллектуальную атрофию, эпистемическое отчуждение и утрату суверенитета над собственным мыслительным процессом [6]. Концепция киборгизации, предложенная Донной Харауэй, обретает в этом контексте сугубо эпистемологические очертания [7]. Поэтому задача современной философии техники – разработка новой эпистемологической этики. Её цель – не тотальное ограничение расширяющих возможностей ИИ, а методичное культивирование критической рефлексии, эпистемической ответственности, способности к автономному суждению в условиях тесного симбиоза с ИИ. Будущее познания зависит от того, удастся ли нам проектировать интерфейсы взаимодействия, не только эффективно отвечающие на запросы, но и активно побуждающие к вопрошанию, сомнению и самостоятельному поиску.

Библиографический список

1. **Платон**. Федр; пер. с древнегреч. А. Н. Егунова // Собр. соч. в 4 т. – М.: Мысль, 1993.
2. **Маклюэн, М**. Галактика Гутенберга: Становление человека печатающего; пер. с англ. А. Юдина. – М.: Академический Проект, 2013. – 496 с.
3. **Кларк, Э.** Находясь в уме: почему сознание распространяется на мир / Э. Кларк, Д. Чалмерс // Логос. – 2019. – Т. 29. № 5. – С. 165-196.
4. **Хайдеггер, М**. Вопрос о технике // Время и бытие: Статьи и выступления; пер. с нем. В.В. Бибихина. – М.: Республика, 1993. – С. 221-238.
5. **Floridi, L.** The Logic of Information: A Theory of Philosophy as Conceptual Design / L. Floridi. – Oxford: Oxford University Press, 2019. – 264 p. DOI: 10.1093/oso/9780198833635.001.0001

6. **Арендт, Х.** Лекции по политической философии Канта; пер. с англ. А.В. Говорунова. – СПб.: Наука, 2013. – 270 с.
7. **Haraway, D.** A Cyborg Manifesto: Science, Technology, and Socialist-Feminism in the Late Twentieth Century / D. Haraway // Simians, Cyborgs and Women: The Reinvention of Nature. – N.Y.: Routledge, 1991. – P. 149-181.

УДК 3:001.12

НИКОЛАЕВА Е.Д., ТЕРЕНТЬЕВА И.Н.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НАУЧНОГО И ВНЕНАУЧНОГО ЗНАНИЯ В ПРЕДМЕТНОМ ПОЛЕ БИОТЕХНОЛОГИЙ ВЫСОКОГО РИСКА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Биология и медицина XXI в. в своем развитии приблизились к целенаправленному вмешательству в самые основы жизни. Технология редактирования генома человека CRISPR/Cas9 [1], в частности её применение для модификации человеческих эмбрионов, не только провоцировала одну из самых острых дискуссий о перспективах науки, но и продемонстрировала взаимосвязь научного и вненаучного (этического, правового, социально-гуманитарного) знания, а также этоса самой науки [2].

Технология CRISPR/Cas9 – классический пример «чистой науки», она возникла как результат фундаментальных исследований бактериального иммунитета. Знание о CRISPR первоначально было описательно-объяснительным и обладало высокой инструментальной ценностью для молекулярной биологии. Потенциал открытия был таков, что средство познания стало средством преобразования, исследовательская и инженерная парадигмы слились. Это повысило риски, которые невозможно учесть в лабораторных исследованиях. Научный эксперимент предполагает имплантацию отредактированного эмбриона для вынашивания, но это противоречит этическим нормам. Эксперимент Хэ Цзянькуя (КНР), открывший потенциальную возможность рождения генетически модифицированных людей, получил негативную этическую и правовую оценку [3].

История перехода технологии CRISPR/Cas9 из сферы фундаментальных в сферу прикладных исследований и разработок стимулировала ряд важных трансформационных процессов как в регуляции и саморегуляции научного сообщества, так и в сфере взаимодействия научного и вненаучного знания. В числе таких трансформаций отметим: 1) стремление к знанию ради знания сталкивается с регулятивами социальной ответственности; 2) организованный скептицизм дополняется организованной осторожностью; 3) научные сообщества самодисциплинируются на основе профессиональных норм; 4) формируются новые социальные требования к ученым, от которых ожидают не только ясного изложения фактов, но и оценки степени риска и возможных социальных последствий.

Дискуссии, связанные с возможностями редактирования эмбрионов, демонстрируют новую ситуацию развития науки. Это ситуация неопределенности и вовлеченности множества заинтересованных сторон, что повышает ценностную нагруженность результатов научных исследований и стимулирует создание новых институтов общественного участия в формировании научно-технической политики. В первой четверти XXI в. становятся актуальными идеи этической составляющей науки [4], идеи об ученом, способном выступать не только как узкий специалист, но и как интерпретатор, способный участвовать в публичном диалоге о ценностях, и как гражданин, осознающий широкий контекст своей работы.

Библиографический список

1. **Doudna, J.A., Charpentier, E**. The new frontier of genome engineering with CRISPR-Cas9 // Science. – 2014. – Vol. 346. – Issue 6213. – DOI: 10.1126/science.1258096

2. **Мирская, Е.В**. Роберт Мертон и наука XX в. / Е.В. Мирская // Социология науки и технологий. – 2010. – Т. 1. – № 4. – С. 26-44.
3. **Сергеев, Д.Н**. Ответственность за манипуляции с геномом человека (дело ХэЦзянькуя) / Д.Н. Сергеев // Электронное приложение к Российскому юридическому журналу. – 2019. – № 5. – С. 5-13. – EDN RRVJGB.
4. **Фролов, И.Т**. Этика науки. проблемы и дискуссии / И.Т. Фролов, Б.Г. Юдин. – М.: URSS. – 251 с.

УДК 004.94:167.7

ПУКАЗОВ Я. Г.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК СПОСОБ СОХРАНЕНИЯ И ВОСПРОИЗВОДСТВА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗНАНИЯ: ЭПИСТЕМОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Нижегородский государственный техническийуниверситет им. Р.Е. Алексеева

Современная инженерная практика всё чаще опирается на вычислительный эксперимент, особенно в задачах, где натурные испытания затруднены или невозможны. Однако эпистемологический статус компьютерной симуляции остаётся дискуссионным: является ли она лишь вспомогательным инструментом, репрезентацией теории или самостоятельным способом получения нового знания? В докладе компьютерное моделирование рассматривается как способ сохранения и воспроизводства технического знания в условиях возрастающей сложности проектируемых систем.

С появлением вычислительной науки (Computational Science) во второй половине XX века моделирование приобретает черты самостоятельной методологии, «третьего пути» познания наряду с теорией и экспериментом [1]. Компьютерная симуляция позволяет исследовать системы, описываемые уравнениями, не имеющими аналитического решения, и проигрывать гипотетические сценарии, что особенно важно для сложных технических систем, например, движение транспортного по снежному покрову или лунному грунту.

Эпистемологическая специфика компьютерного моделирования проявляется в трёх ключевых аспектах. Во-первых, высокая степень параметризации и зависимость от эмпирических данных порождают проблему валидации: сравнение с экспериментом замыкает круг, поскольку сам эксперимент содержит неопределённость [2]. Во-вторых, численные методы обладают «существенной эпистемической непрозрачностью» [3] — вычислительный процесс от математической модели до конечного результата не поддаётся полному контролю исследователя. В-третьих, визуализация результатов симуляции, повышая убедительность выводов, одновременно несёт риск подмены строгой валидации «красивой картинкой».

Тем не менее, именно эти особенности делают компьютерное моделирование эффективным средством сохранения и передачи инженерных компетенций. Симуляционные модели аккумулируют формализованное знание о поведении технического объекта, позволяя воспроизводить его в различных условиях без обращения к дорогостоящему эксперименту. Развитие концепции цифровых двойников открывает новые перспективы для документирования и тиражирования инженерных решений [4]. Таким образом, компьютерное моделирование выступает не только инструментом прогноза, но и эпистемологическим механизмом [5], обеспечивающим непрерывность технического знания в условиях цифровой трансформации.

Библиографический список

1. Winsberg E. Simulated Experiments: Methodology for a Virtual World // Philos. of Sci. 2003. Т. 70, № 1. С. 105–125.
2. Parker W. S. Franklin, Holmes, and the Epistemology of Computer Simulation // International Studies in the Philosophy of Science. Routledge, 2008. Т. 22, № 2. С. 165–183.
3. Humphreys P. The philosophical novelty of computer simulation methods // Synthese. 2009. Т. 169, № 3. С. 615–626.
4. Боровков А. И. и др. Цифровые двойники в высокотехнологичной промышленности. Санкт-ПетербургскийполитехническийуниверситетПетраВеликого.
5. Durán J. Computer simulations in science and engineering: Concepts - Practices - Perspectives. 2016.

УДК 101.1:316

РОЛЬ Н.Д.

ВЛИЯНИЕ РИМСКОГО КЛУБА И ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О ПРОГРЕССЕ

Нижегородский государственный технический университет имени Р. Е. Алексеева

Переосмысление «прогресса» во второй половине XX века возникло не «с нуля»: оно оформлялось как нарастающее недоверие к идее бесконечной линейной модернизации, отождествлявшейся в постиндустриальном обществе с темпами роста производства и потребления. В этой парадигме прогресс – проблема философской рефлексии: что именно есть улучшение, по каким критериям, с какими пределами, с какой ответственностью. Переосмысление XX века связано со скепсисом по отношению к автоматизации процесса постоянного прогресса, что есть форма модернизации. Один из первых институтов интеллектуального мониторинга и прогнозирования этой трансформации – Римский клуб: оставаясь по форме вне государственных институтов, он стал аналитической площадкой, интегрировавшей глобальные политико-философские постановки вопросов о рациональности развития, о границах понимания социально-экономического успеха. Важно не формирование «ещё одной организации», а институционализация особого типа мышления: долгосрочного, глобального и междисциплинарного анализа «проблематики» (socio-economicproblematique) как узла противоречий. Его создание связано с фигурами Аурелио Печчеи и Александра Кинга, работавшими в структурах ОЭСР (Организации экономического сотрудничества и развития). В логике клуба «проблематика человечества» – это сеть взаимосвязанных экономических, социальных и политических противоречий, требующих не отраслевой, а системной рамки. История происхождения Римского клуба подчёркивают его связку с транснациональными экспертными сетями и с типом технократической рациональности, становящимся объектом критики, – в части редукции прогресса к показателям роста. Одна из ключевых работ – книга «Пределы роста. 30 лет спустя», где авторы разграничивают прогноз и сценарий: «Мы не пытаемся предсказать это будущее. Мы обрисовываем альтернативные сценарии…» [1]. В этой логике прогресс мыслится не как неизбежность, а как управляемый и одновременно уязвимый проект коллективного действия.

Логика «пределов» в системном моделировании строится на идее обратных связей и нелинейности: в сложных обществах количественный рост одних параметров способен создавать условия для подрыва других – структурный эффект задержек управления. В докладе Римского клуба от 1972 года «Пределы роста», подготовленной к юбилейному переосмысле-

нию, основным выводом является: «If the present growth trends… continue unchanged, the limits to growth on this planet will be reached… within the next one hundred years…» [2]. Работа – методологический инструмент предупреждения; она подрывает классическую установку «рост = благо», обнажая ценностную дилемму: рост каких именно параметров следует считать прогрессом, если рост перестаёт гарантировать улучшение человеческого состояния в долгосрочной перспективе. Эта проблематика особенно наглядна при сопоставлении демографической динамики и требований к общественной координации. По данным Департамента ООН по экономическим и социальным вопросам (World Population Prospects), население мира выросло с 2,493 млрд в 1950 г. до 8,162 млрд в 2024 г. [3].

Динамика меняет философию прогресса: «улучшение» перестаёт быть исключительно индивидуально-национальным проектом, становясь задачей согласования целей, институтов и ответственности в масштабах взаимозависимого мира, где выигрыши и издержки распределяются неравномерно, где ошибка критерия успеха масштабируется вместе с системой. Артикуляция сдвига выражается через концепт «общества риска», где прогресс – не только производство благ, а еще производство новых форм уязвимости и неопределённости, требующих институционального ответа. В одной из цитируемых формулировок Ульрих Бек определяет рис ккак «a systematic way of dealing with hazards and insecurities induced and introduced by modernisation itself» [4]. Тем самым угрозы – побочный продукт нормального функционирования институтов, а политика прогресса превращается в политику распределения ответственности и издержек: что есть риск, каковы доказательства, кто вправе устанавливать пороги допустимого. Анализ трансформации идеи прогресса под влиянием Римского клуба – это смена трёх акцентов. Переход от телеологии к контингентности означает, что прогресс не мыслится как гарантированная траектория развития, находясь в большей зависимости от выбора институтов и рамок ответственности; сценарии замещают обещания неизбежного улучшения. Происходит сдвиг от количественного монокритерия к качественному плюрализму: рост больше не есть самодостаточная мера успеха, что требует переосмысления целей развития через категории благополучия, справедливости, управляемости рисков и межпоколенческих обязательств. На смену оптимизму приходит этика ответственности, в которой будущие поколения есть адресат политики прогресса, а сам прогресс понимается не как то, что случится само собой, а как требование к тому, как следует действовать.

Таким образом, вклад Римского клуба – пересмотр методологических догм понимания прогресса. Прогресс перестаёт быть тождественным ускорению роста и начинает мыслиться через устойчивость сложных социальных систем, справедливость распределения и управляемость рисков. Это не отменяет технологические достижения современной цивилизации, но лишает их статуса автоматического оправдания любой траектории роста, делая прогресс предметом моральной, институциональной и политической ответственности.

Библиографический список

1. **Медоуз, Д. Х.** Пределы роста. 30 лет спустя; пер. с англ. Е. С. Оганесян; под ред. Н. П. Тарасовой / Д.Х. Медоуз, Й. Рандерс, Д.Л. Медоуз. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. – 342 с.
2. **The Club of Rome**. A short history of a ground-breaking publication: The Limits to Growth [Электронныйресурс]. 2022. – URL: https://www.clubofrome.org/wp-content/uploads/2022/02/CoR-LtG-ShortHistory.pdf (дата обращения: 29.03.2026).
3. **United Nations**, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. World Population Prospects 2024: Summary of Results [Электронныйресурс]. New York: United Nations, 2024. 80 p. – URL: https://population.un.org/wpp/assets/Files/WPP2024_Summary-of-Results.pdf (дата обращения: 03.04.2026).

4. **Beck, U.** Risk Society: Towards a New Modernity. London: SAGE Publications, 1992. 272 p. (http://www.riversimulator.org/Resources/Anthropology/RiskSociety/RiskSocietyTowardsAnewModernity1992Beck.pdf) (датаобращения: 09.04.2026).

УДК 167/168:629.33

РЫБКИН И.И.

ЭВОЛЮЦИЯ ТРАНСПОРТНОГО КОНСТРУИРОВАНИЯ КАК ВИДА ИНЖЕНЕРНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ – ЧЕРЕЗ ПРИЗМУ БИНАРНОЙ ОППОЗИЦИИ «ТРАДИЦИОННОЕ – ИННОВАЦИОННОЕ»

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Транспортное конструирование переживает масштабные технологические изменения, связанные с цифровизацией проектирования, электрификацией транспорта, внедрением автономных систем управления и применением композитных материалов. Эти процессы меняют не только конструкцию транспортных средств, но и саму логику инженерно-исследовательской деятельности. Развитие отрасли происходит не через отказ от накопленного опыта, а через взаимодействие традиционных инженерных подходов и инновационных решений. Цель – рассмотреть эволюцию транспортного конструирования через бинарную оппозицию «традиционное – инновационное», выявив его закономерности.

Транспортное конструирование исторически формировалось на основе традиционных инженерных методов, включающих аналитические расчёты, натурные испытания, использование проверенных материалов и компоновочных схем. Это обеспечивало воспроизводимость результатов и надёжность конструкций. Развитие технонауки привело к появлению инновационных решений, связанных с цифровым моделированием, применением композитных материалов, электроприводов и интеллектуальных систем управления. Инновационный подход характеризуется внедрением новых физических принципов, междисциплинарным переносом знаний и переходом к постнеклассической рациональности инженерной деятельности [1]. Современный этап развития транспортного конструирования отличает синтез традиционного и инновационного. Технологии цифрового двойника интегрируют классические расчётные методики в новую вычислительную среду, позволяя проводить виртуальные испытания конструкции до создания прототипа. Электрификация транспорта использует традиционные компоновочные решения кузова и систем безопасности, адаптируя их под новые силовые установки. Аналогично системы автономного управления опираются на накопленный опыт эксплуатации транспортных средств и статистику дорожного движения. Инновации не заменяют традиционные подходы, а развиваются на их основе [2].

С философской точки зрения, эволюция транспортного конструирования – это диалектический процесс, в котором традиция обеспечивает устойчивость инженерных решений, а инновация – источник развития. Новая технологическая парадигма изначально внедряется в существующие конструктивные схемы, формируя собственную архитектуру, со временем становясь традицией. В современных условиях такой процесс состоит в переходе к электромобилям, автономному управлению, мультиматериальным конструкциям и цифровому проектированию. Таким образом, развитие транспортного конструирования определяется взаимодействием традиционного и инновационного начал. Синтез инженерного опыта и новых технологий повышает эффективность, безопасность и экологичность транспортных средств, формируя новые направления инженерно-исследовательской деятельности.

Библиографический список

1. **Горохов, В. Г**. Основы философии техники и технических наук: учебник / В. Г. Горохов. – М.: Гардарики, 2007. – 335 с.
2. **Степин, В. С.** Философия науки и техники: учебное пособие / В. С. Степин, В. Г. Горохов, М. А. Розов. – М.: Гардарики, 1999. – 400 с.

УДК 167/168: 165.3.17: 004.8

САВКИН А.Е., МИХАЙЛОВА Т.Л.

ЭВОЛЮЦИЯ МИКРОСКОПИИ КАК СМЕНА ЭПИСТЕМОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАДИГМ: ОТ ИНСТРУМЕНТА-ПОСРЕДНИКА К КОГНИТИВНОМУ ПАРТНЕРУ В НАУЧНОМ ПОЗНАНИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Стремительное внедрение искусственного интеллекта (ИИ) в инструментальную базу исследователя коренным образом преобразует современную науку. Микроскопия, пройдя путь от простых оптических систем до автоматизации сбора данных и далее к адаптивному управлению экспериментом и интерпретации изображений, является наглядной моделью для анализа эпистемологических трансформаций [1] в технонауке [2]. При этом возникает разрыв между традиционным пониманием прибора как пассивного посредника и новой реальностью, где инструмент обретает черты активного партнера.В ходе исследования выделены три ключевых этапа эволюции микроскопии.

Первый этап – «инструмент-посредник» (от XVII до конца XX в.) – характеризуется функционированием микроскопа как пассивного средства расширения чувственного опыта человека. Главной эпистемологической проблемой здесь выступала проблема артефакта (аберрации, искажения при подготовке препарата), порождавшая скептицизм в отношении достоверности наблюдаемых структур [3]. Роль инструмента на данном этапе сводилась к репрезентации, тогда как интерпретация целиком оставалась за ученым.

Второй этап связан с трансформацией субъект-объектных отношений в системе «человек – ИИ» [4]. Интеграция алгоритмов машинного обучения и компьютерного зрения (проекты Deep In Miniscope, Open Flexure Microscope [5]) наделяет микроскоп функциями активного агента: реконструкцией 3D-изображения из искаженных проекций, адаптивным планированием эксперимента. Согласно акторно-сетевой теории [6], формируется гибридная познавательная сеть, где микроскоп становится «квази-объектом» [7], а субъект утрачивает автономию, превращаясь в элемент распределенной когнитивной системы «человек – интеллектуальный инструмент».

Третий этап – осмысление рисков и образа науки будущего. Ключевой риск – превращение «умного» микроскопа в «черный ящик»: непрозрачность для исследователя логики работы нейросетей подрывает возможность критической оценки результатов и ведет к алгоритмической предвзятости [8]. Перспектива преодоления рисков связана с развитием объяснимого ИИ (XAI), формированием «алгоритмической грамотности» ученого и выработкой гибридных практик, где ИИ выполняет рутинные операции, а человек сохраняет функции критической рефлексии и смыслополагания.

Таким образом, эволюция микроскопии представляет смену эпистемологических парадигм: от классической модели «инструмента-посредника» к постнеклассической модели «когнитивного партнера». Новая модель характеризуется распределенностью познания между человеком и ИИ, признанием конструктивной роли инструмента (активное формирование образа реальности), диалогическим характером отношений в системе «ученый – микроскоп» и возникновением нового типа ответственности, требующего контроля не только за объек-

том, но и за работой алгоритмического «партнера».Дальнейшего анализа требуют вопросы о том, как меняются критерии научной истины в условиях алгоритмического конструирования реальности, как трансформируется институт научной экспертизы, когда значительная часть познавательных операций выполняется непрозрачными для сообщества алгоритмами, и как подготовить новое поколение исследователей к работе в условиях распределенной познавательной системы. Ответы на эти вопросы будут определять не столько будущее микроскопии, сколько облик науки будущего.

Библиографический список

1. **Платонова, С. И**. Эпистемологические трансформации науки в цифровую эпоху / С. И. Платонова // Манускрипт. – 2021. – Том 14. Выпуск 8. – С. 1628-1631.
2. **Латур, Б.** Наука в действии: следуя за учёными и инженерами внутри общества / Б. Латур; пер. с англ. К. Фёдоровой; науч. ред. С. Миллер. – СПб.: Изд-во Европейского ун-та в Санкт-Петербурге, 2013. – 414 с. – ISBN 978-5-94380-161-7.
3. **Виноградова, Г. Н.** Основы микроскопии: учебное пособие / Г. Н. Виноградова, В. В. Захаров. – СПб.: НИУ ИТМО, 2020. – 412 с.
4. **Аверкин, А. Н.** Партнерские отношения человека и искусственного интеллекта: миф или реальность в современном мире / А. Н. Аверкин, Н. Ф. Воронина, О. В. Пелипас // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. – 2025. – № 2. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/partnerskie-otnosheniya-cheloveka-i-iskusstvennogo-intellekta-mif-ili-realnost-v-sovremennom-mire (дата обращения: 27.02.2026).
5. **Collins, J. T**. Robotic microscopy for everyone: the OpenFlexure microscope / J. T. Collins, J. Knapper, J. Stirling [et al.] // Biomedical Optics Express. – 2020. – Vol. 11, No. 5. – P. 2447-2460.
6. **Латур, Б.** Пересборка социального: введение в акторно-сетевую теорию / Б. Латур; пер. с англ. И. Полонской; под ред. С. Гавриленко. – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2014. – 384 с.
7. **Латур, Б**. Нового Времени не было. Эссе по симметричной антропологии / Б. Латур; пер. с фр. Д. Я. Калугина; науч. ред. О. В. Хархордин. – СПб.: Изд-во Европейского ун-та в Санкт-Петербурге, 2006. – 240 с.
8. **Бирюков, Д. Н**. Объяснимость и интерпретируемость – важные аспекты безопасности решений, принимаемых интеллектуальными системами (обзорная статья) / Д. Н. Бирюков, А. С. Дудкин // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2025. – Т. 25, № 3. – С. 373-386.

УДК167/168.17: 621+629

САГИНА С.В.

БЕЗОПАСНОСТЬ В АТОМНОЙ СФЕРЕ КАК СЛОЖНАЯ ЭКОСИСТЕМА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Мир находится перед дилеммой: необходимость сокращения углеродных выбросов требует масштабного развития безуглеродной энергетики, в то время как технологические и социально-этические риски очень высоки. Атомная энергетика с ее потенциалом стабильной генерации оказалась на острие противоречия. Её ренессанс невозможен без восстановления общественного доверия, подорванного катастрофами прошлого. Вызовы, иллюстрируемые ситуацией Запорожской АЭС, показывают, что уроки не усвоены. Безопасность АЭС – заложник геополитического конфликта, обнажившего уязвимость технических объектов при дефиците политической ответственности и международного консенсуса. Парадокс атомной

отрасли в том, что её системные риски носят не только инженерный, но и этический характер. Это сфера, где ошибки недопустимы; их последствия транслируются через поколения и границы. Поэтому устойчивое развитие атомной энергетики невозможно без многоуровневой системы этической ответственности, охватывающей всех акторов – от рядового гражданина до международных институтов. Безопасность в атомной сфере – это не сумма оборудования и правильных инструкций, это сложная экосистема, где решения на одном уровне влияют на уязвимость всей системы. Рассмотрим эти уровни.

Гражданский уровень. Традиционно общественность воспринималась пассивным объектом защиты; сегодня этика требует перехода к модели информированного и активного субъекта. Это – не просто право на доступ к информации о радиационной обстановке, но и участие в процессе принятия решений на этапах размещения объектов, вывода их из эксплуатации и обращения с отходами. Исследования показывают, что проекты, реализованные без подлинного диалога с местными сообществами, несут в себе скрытый социальный риск, способный в кризисной ситуации обернуться паникой и утратой легитимности всей отрасли [4; 5]. Этичная позиция здесь – прозрачность и инклюзивность.

Профессиональный уровень. Для специалиста-атомщика соблюдение норм безопасности – это не требование, а суть профессиональной идентичности. Его этическая ответственность выходит за рамки должностной инструкции, включая в себя: а) высокий уровень компетенции; б) готовность заявить о потенциальной опасности, вопреки административному давлению («культура сообщения»); в) осознание глобального контекста работы и следование международным стандартам, разрабатываемым МАГАТЭ [2]; г) этический кодекс атомщика должен быть универсальным, как и технические регламенты.

Руководящий уровень. Здесь «живет» ключевое этическое противоречие – конфликт между эффективностью и безопасностью. Руководство компаний ответственно за создание корпоративной культуры, где безопасность не приносится в жертву бюджетам, что требует внедрения риск-ориентированного управления, где ресурсы на безопасность выделяются не по остаточному принципу, а на основе превентивного анализа. Взаимодействие с заинтересованными сторонами –инструмент принятия взвешенных и устойчивых решений [2].

Политический уровень. Государство задает «правила игры», обеспечивая независимый надзор (в России эту функцию выполняет Ростехнадзор [1]). Политическая ответственность – в отстаивании долгосрочных интересов безопасности общества перед лицом лоббистских групп или сиюминутных экономических выгод. Здесь решается судьба международного сотрудничества: атом не признает границ. Такие инструменты, как Конвенция о ядерной безопасности и миссии МАГАТЭ – этическими императив глобальной солидарности.

Взаимодействие уровней. Четыре уровня не изолированы: они образуют единую цепь, где прочность определяется самым слабым звеном. Сильное национальное законодательство (политический уровень) – основа для жесткого корпоративного контроля (руководящий уровень), что формирует среду для ответственной работы профессионалов, рождая доверие общества (гражданский уровень). Общественный запрос на безопасность подталкивает политиков к ужесточению норм, замыкая позитивный цикл. Обратный процесс трагически иллюстрируется катастрофами. Политическая установка на «рекордные показатели» (СССР в 1980-е) создавала давление на руководство АЭС, которое могло игнорировать предупреждения профессионалов, замалчивая информацию. Результат – системная авария. Пробелы в ответственности на одном уровне создают «разрешенные условия» для нарушений на другом. Пример с Запорожской АЭС – экстремальная форма системного сбоя, когда политический уровень разрушает функционирование остальных уровней, подвергая опасности и профессионалов, и гражданское население, и окружающую среду. Для преодоления системных разрывов необходим комплексный подход. Пути к этической целостности. 1. Гармонизация универсальных этических стандартов, что требует создание международно-признанного этического кодекса для атомной отрасли, конкретизировавшего бы принципы ответственности каждого уровня. Этот кодекс, подобно нормам безопасности МАГАТЭ, должен стать ориентиром для национальных законодательств и корпоративных политик [2]. Речь идет о стандартизации не

технологий, а подходов к принятию решений. 2. Институционализация механизмов прозрачности и контроля. Недостаточно провозгласить принцип открытости. Необходимы законодательно защищенные каналы для сигналов о нарушениях для сотрудников, обязательная публичная отчётность по показателям безопасности, реальное общественное участие в наблюдательных советах. 3.Инвестиции в «человеческий капитал» безопасности: не только тренинги для операторов [3], но и воспитание новой генерации руководителей, для которых этика безопасности – ключевая компетенция; просвещение общества, чтобы диалог был конструктивным. 4. Укрепление независимого надзора и международного диалога. Регуляторы должны иметь максимальную независимость и достаточные ресурсы. Диалог в рамках МАГАТЭ и других площадок должен быть непрерывным даже в условиях политических разногласий, поскольку безопасность АЭС – это вопрос общей гуманитарной ответственности.

Атомная энергетика будущего должна быть не просто технологически продвинутой, но и этически безупречной. Её устойчивость будет определяться прочностью взаимосвязей между уровнями ответственности. Гражданин, инженер, менеджер и политик связаны общей задачей – предотвратить катастрофу, последствия которой неизмеримы, что требует перехода от разрозненных действий к созданию целостной этической инфраструктуры, основанной на прозрачности, диалоге и безусловном приоритете безопасности над любыми другими соображениями. Только так атомная энергетика сможет оправдать доверие как инструмент борьбы с одним глобальным кризисом, не создавая рисков для нового.

Библиографический список

1. **Волос, М.М**. Оценка влияния международных организаций на управление российскими предприятиями атомной отрасли /М.М. Волос, А.В. Подопригора // XIV Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2024. – Москва, 2024. – С. 3581-3585.
2. **Гросси, Р.М**. Долгосрочные преимущества взаимодействия с заинтересованными сторонами // Бюллетень МАГАТЭ. – 2025. – С. 1-11.
3. **Локонова, Е.Л.** Будущее атомной энергетики в контексте современных социальных изменений / Е.Л. Локонова, А.В. Железнякова, М.В. Рябышев // Глобальная ядерная безопасность. – 2025. – №2. – С. 107-116.
4. **Онищенко, Г.Г**. Чернобыль – 30 лет спустя. Радиационно-гигиенические и медицинские последствия аварии // Радиационная гигиена. – 2016. – №2. – С. 10-19.
5. **Привалова, Н.Ф.** Образовательные организации высшего образования как драйвер развития территорий расположения АЭС / Н.Ф. Привалова, В.А. Руденко, И.А. Бубликова // Глобальная ядерная безопасность. – 2022. – №3. – С. 86-98.

УДК 14/17: 167/168 + 621/629

СЕРОВ А.Д.

ЭТИКА И СИСТЕМНАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ КУЛЬТУРЫ БЕЗОПАСНОСТИ В АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Культура безопасности (КБ-далее) – совокупность характеристик и аттитюдов в организациях и поведении отдельных лиц, которая устанавливает, что проблемам безопасности как обладающим наивысшим приоритетом, уделяется внимание, определяемое их значимостью [1]. Это не набор правил, а фундаментальный способ существования высокотехнологичной системы, где каждое решение – от проектирования реактора до утилизации отходов – проходит через фильтр ответственности перед обществом и будущими поколениями. Появ-

ление термина «культура безопасности» (Safety Culture) не есть результат теоретического поиска; концепт стал ответом на аварию на Чернобыльской АЭС в 1986 году.

Наша цель рассмотреть генезис и эволюцию термина «культура безопасности», выявив предметное содержание. До 1986 г. в атомной отрасли доминировал подход, ориентированный на техническую надежность и минимизацию «человеческого фактора» через автоматизацию и жесткие регламенты. Однако Чернобыль показал, что даже при наличии развитых систем защиты, организационная среда и психологические установки персонала могут привести к системному коллапсу [2]. Впервые термин официально использован в 1986 году в «Итоговом докладе о совещании по рассмотрению причин и последствий аварии в Чернобыле» (INSAG-1), подготовленном Международной консультативной группой по ядерной безопасности при Генеральном директоре МАГАТЭ [2]. Исторически значимый момент – частное послание английского профессора Эдмондсона генеральному директору МАГАТЭ Хансу Бликсу летом 1986 г.; в письме, посвященном анализу причин трагедии, Эдмондсон предложил понятие «КБ» для описания специфической атмосферы, в которой пренебрежение правилами ради выполнения производственных планов стало возможным [3]. Расширение понимание термина – в анализе доклад INSAG-4 в 1991 г., где было сказано, что безопасность – это не только исправность оборудования, но и психологическая готовность каждого работника к осознанию ответственности. В отечественных нормативных документах это сформулировано как «квалификационная и психологическая подготовленность всех лиц, при которой обеспечение безопасности АС – приоритетная цель и внутренняя потребность» [1]. Так, КБ превратилась из объяснительной модели постфактум в фундаментальный принцип проектирования и эксплуатации ядерных объектов.

Современная модель КБ, опирающаяся на работы психолога Джеймса Ризона и стандарты МАГАТЭ, – это конструкция из пяти взаимосвязанных элементов, каждый из которых важен для устойчивости системы к внешним и внутренним угрозам [7; 8; 9].

1. Информированная культура подразумевает: те, кто управляет системой, обладают знаниями о человеческих, технических, организационных, экологических факторах, определяющих безопасность системы [7]. Это не просто наличие документации, а понимание персоналом, «почему» процедуры существуют именно в таком виде; в ней данные о прошлых инцидентах и «слабых сигналах» используются для коррекции текущей деятельности [7].

2. Культура отчетности – это атмосфера, когда люди готовы сообщать об ошибках, опасных ситуациях, так называемых «близких к аварии» событиях [7]. Эффективность системы управления безопасностью зависит от объема и качества поступающей информации. Если персонал скрывает нарушения из-за страха наказания, организация лишается возможности выявить корневые причины проблем до того, как они приведут к катастрофе [7]. Зрелая культура отчетности – наличие простых, доступных и анонимных каналов связи.

3. Справедливая культура – «бьющееся сердце» всей системы [7]; она устанавливает границу между непреднамеренными ошибками (вызванными системными недостатками или человеческой природой) и преднамеренными нарушениями, небрежностью или саботажем. В ее рамках сотрудники знают, что за честное признание в ошибке они не будут наказаны, но при этом осознают, что безответственное поведение недопустимо [7]. Без доверия, формируемого справедливой культурой, полноценная отчетность невозможна.

4. Гибкая культура – способность организации изменять структуру и способы взаимодействия в зависимости от ситуации. В нормальных условиях сохраняется традиционная иерархия, но в условиях кризиса управление переходит к тем, кто обладает экспертизой в конкретном вопросе, независимо от их формального ранга [7]. Это позволяет системе оперативно реагировать на нестандартные вызовы, не предусмотренные заранее.

5. Культура обучения – это способность организации делать правильные выводы из информационной системы и готовность внедрять реформы на основе опыта [7]. Это процесс совершенствования, где каждый инцидент –возможность для роста, а не только повод для восстановления статус-кво. Организации с сильной культурой обучения инвестируют ресурсы в тренинги, симуляции и анализ лучших мировых практик [5].

КБ формирует специфический лексикон, служащий не только для обмена информацией, но и для программирования правильных моделей поведения. Язык – это отражение менталитета отрасли, где термины несут глубокую этическую и практическую нагрузку [4]. В центре КБ – концепция ответственности, носящая в ядерной энергетике дуалистичный характер: она одновременно индивидуальна и коллективна. Личная ответственность (Personal Accountability) означает, что каждый работник признает роль в обеспечении безопасности, осознавая, что его действия (или бездействие) могут иметь катастрофические последствия [6]. Ответственность – не страх перед наказанием, а внутренняя потребность в самоконтроле, «внутренний цензор», заставляющий инженера перепроверить расчеты, а рабочего – не пренебрегать средствами индивидуальной защиты. Коллективная ответственность – создание среды взаимной поддержки, где коллеги заботятся о безопасности друг друга, не проходя мимо нарушений [7]. Этот аспект тесно связан с этикой долга. В ядерной отрасли ответственность распространяется далеко за пределы рабочей смены или границ предприятия, ибо это ответственность перед обществом, доверившим атомщикам эксплуатацию потенциально опасной, но необходимой технологии, и перед будущими поколениями, которым предстоит управлять ядерным наследием [11; 12].

Б.В. Некипелов в работах по этике и диалектике в ядерной энергетике развил эти идеи, применив диалектический метод к развитию отрасли. Он видел в атомной энергетике единство противоположностей: огромного потенциала прогресса (тезис) и сопутствующих ему рисков (антитезис) [13]. Синтез этих противоположностей возможен только через «этичную энергетику», где КБ – регулятор, снимающий противоречие между потребностью в энергии и страхом перед ее источником. Диалектика Некипелова утверждает, что риск в ядерной сфере должен быть не «устранен» (что физически невозможно), а «снят» через систему тотальной ответственности и непрерывного совершенствования [13].

Госкорпорация «Росатом» как глобальный лидер отрасли аккумулирует лучшие мировые практики в своем «Едином отраслевом кодексе этики и служебного поведения», обновленном в 2024 году [10]. Этот документ переводит философские принципы на язык корпоративных норм и правил. Основная ценность Кодекса – «Безопасность как наивысший приоритет», что означает, что при столкновении любых интересов (экономических, политических, производственных) приоритет всегда отдается безопасности людей и окружающей среды. Кодекс – это стандарты не только для технического персонала, но и для руководителей всех уровней, где важность лидерства в вопросах этики – бесспорна.

Библиографический список

1. **Культура безопасности на атомных станциях.** Основные положения. ПНАЭ Г-01-036-95.
2. **Итоговый доклад о совещании по рассмотрению причин и последствий аварии в Чернобыле**. INSAG-1. МАГАТЭ (1986).
3. **Машин, А.В.** Психологические аспекты культуры безопасности. – URL: https://www.helicopter.su/assets/res/files/Mashin_AV_PSY42.pdf.
4. **Латухова, К.А.** «Зеленая лужайка» и «козел»,или о формировании языка в атомной энергетике / К. А. Латухова, Т.Л. Михайлова // Будущее технической науки: сборник материалов XXIV Всероссийской молодежной научно-техн. конф; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2025. – С. 736-738.
5. **Components of Safety Culture in Aviation SMS. Aviation Safety Blog. –** URL: https://aviationsafetyblog.asms-pro.com/blog/5-components-of-safety-culture-in-aviation-sms.
6. **Некипелов Б.В**. Этика и диалектика в ядерной энергетике. Бюллетень по атомной энергии (2003), №10, с. 8. – URL: https://elib.biblioatom.ru/text/byulleten-atomnoy-energii_2003_ v10/p8/.

УДК 1/165.12/17: 621.382

СКАРЛУХИН Д.А., МИХАЙЛОВА Т.Л.

КОНЦЕПЦИЯ «RIGHTTOREPAIR» КАК НОВАЯ ОСНОВА СУБЪЕКТНОСТИ В ТЕХНОГЕННОМ ОБЩЕСТВЕ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Традиционно владение вещью подразумевало право на её понимание и изменение. Однако современная парадигма конструирования электронных средств превращает технический артефакт в «черный ящик» [6] – объект, внутрь которого пользователю вход воспрещен. Здесь возникает конфликт субъектности: являемся ли мы подлинными владельцами своих устройств, или просто берем их в аренду у корпораций?

Этот вопрос инициировал постановку цели – рефлексия переформатирования методологического принципа технонауки вследствие внедрения новых технологий конструирования современных электронных средств и их социокультурных последствий, что актуализирует артикуляцию социально-философских проблем.

Современные методы сборки обосновываются надежностью или миниатюризацией. Примеры таких решений разнообразны. Основным способом защиты радиокомпонентов и схем от внешних факторов – влажности, вибрации, перепадов давления – является заливка компаундом (potting) [7]: данный метод применяется в спектре устройств – от игрушек до стиральных машин. Более фундаментальное ограничение – отказ от модульности: если в начале века распространение микросхем с высокой степенью интеграции превратило устройства в конструктор из модулей, то в наши дни логичное продолжение – абсолютизация непрерывности. Не только транзисторы и конденсаторы, но даже накопители памяти интегрируются в плату при помощи поверхностного монтажа. Замена громоздких механических креплений на сверхпрочные адгезивы закрывает доступ к внутреннему пространству, превращая устройство в неделимый монолит, который проще разрушить, чем разобрать на составные части. Описанные примеры современных тенденций конструирования глобально меняют модель пользовательского опыта. Если пару десятилетий назад даже среди «филистеров» считалась зазорной неспособность исправить неполадку самостоятельно, то сегодня и профессиональные мастерские систематически отказывают в ремонте ввиду невозможности доступа к содержимому «черного ящика». С позиции системного подхода, закрытая система превалирует в техногенной среде; ее ключевое свойство – неспособность к развитию [1]. Общество потребления диктует новые условия: для осуществления даже минимального «апгрейда» придется отправиться в магазин за новым гаджетом.

С философской точки зрения, это становится фундаментальным нарушением принципа субъектности – способности действовать и влиять на окружающий нас мир. Происходит отчуждение человека не только от результатов своего труда, но и от средств производства, в том числе и современных вычислительных машин. По выражению Б. Шнайера, фактическим владельцем технологии остаются «цифровые феодалы» – компании-производители, не спешащие давать пользователю полную власть над приобретенными благами цивилизации [9]

Описанная модель взаимодействия с технологиями напрямую касается проблемы экологического императива [3]. Конструирование без учета ремонтопригодности – осознанный выбор в пользу линейной модели экономики, где безраздельно господствует цикл «добыча ресурсов – производство – эксплуатация – утилизация» [2]. Если отказавшую деталь нельзя заменить, смерть одного компонента означает смерть всей системы; если отказавшее устройство не подразумевает вмешательства – оно становится окончательным местом захоронения редких металлов, навсегда извлекая бесценные ресурсы из производственного цикла. Но философия «Righttorepair» [2] – это не долгий поиск инноваций; идеи возвращения к осознанному, совместному конструированию мира уже формулируются и находят практическую реализацию. Основными принципами конструирования электронных устройств будущего

могут стать доступность схем и чертежей, продвинутые инструкции, техническое образование потребителей как часть концепции третьей «информационной волны» в истории человечества [5]. Принцип «Модульность как новая честность» уже реализуется в таких проектах, как Fairphone или FrameworkLaptop [8], успешно возвращающих рядовому потребителю статус полноценного «Homo Faber».

«Человек Творящий» – не просто красивая метафора. Это манифест субъектности и ответственности каждого за судьбу Вселенной. Концепция планеты как «человекоразмерной системы», включающей запутанную сеть из биологических, техногенных и антропогенных акторов, требует осознанности и внимания к миниатюрным деталям быта. На текущем этапе трудно предугадать, когда наступит очередная точка бифуркации; потому нашим долгом становится каждую секунду делать все от нас зависящее, чтобы склонить падающий маятник в правильную сторону [4], определяемое нашей интуицией, знанием и волей.

Библиографический список

1. **Берталанфи, Л. фон.** Общая теория систем: критический обзор // Исследования по общей теории систем: Сборник переводов; общ. ред. и вст. ст. В. Н. Садовского и Э. Г. Юдина. – М.: Прогресс, 1969. – С. 23-82.
2. **Иллич, И.** Освобождение от услуг. Инструменты для жизнерадостности / Иван Иллич; пер. с англ. А. Шадурского. – М.: Просвещение, 2013. – 144 с.
3. **Моисеев, Н. Н.** Человек и биосфера: Опыт системного анализа и эксперименты с моделями / Н. Н. Моисеев. – М.: Наука, 1985. – 271 с.
4. **Пригожин, И. Р.** Философия нестабильности // Вопросы философии. – 1991. – № 6. – С. 46-52.
5. **Тоффлер, Э.** Третья волна / Элвин Тоффлер; пер. с англ. К. Ю. Бурмистрова. – М.: АСТ, 2010. – 784 с.
6. **Эшби, У. Р.** Введение в кибернетику; пер. с англ. Д. Г. Лахути; под ред. В. А. Успенского. – М.: Издательство иностранной литературы, 1959. – 432 с.
7. **Dally, J. W.** Packaging of Electronic Systems: A Mechanical Engineering Approach. New York: McGraw-Hill, 1990. – 448 p.
8. **Sabbaghi, M.** Consumer decisions in the era of circular economy: The case of modular electronics / M. Sabbaghi, S. Behdad. – Текст: непосредственный // Journal of Cleaner Production. – 2022. – Vol. 331. – Art. 129953.
9. **Schneier, B.** Data and Goliath: The Hidden Battles to Collect Your Data and Control Your World. NewYork: W. W. Norton&Company, 2015. – 384 p.

УДК 330.16:1:62

СКОПИН К. А.

ПОВЕДЕНЧЕСКАЯ ЭКОНОМИКА В КОНТЕКСТЕ ТЕХНОНАУКИ: ТРАНСФОРМАЦИЯ НАУЧНЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О РАЦИОНАЛЬНОМ ВЫБОРЕ

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Классическая экономическая теория строилась на аксиоме *homo economicus:* рациональный агент располагает полной информацией, стабильными предпочтениями и максимизирует ожидаемую полезность. Технонаука XIX-XX вв. воспроизводила этот образ в инженерных дисциплинах – через нормы оптимального проектирования, линейные модели принятия решений и алгоритмы операционного анализа. *Поведенческая экономика*, возникшая на стыке психологии и экономики в работах Д. Канемана и А. Тверски, радикально пересмотрела эту парадигму [1]. *Цель* работы – проследить, как *поведенческая экономика* трансформи-

ровала научные представления о рациональном выборе и какие последствия это имеет для технонауки как особой формы знания, объединяющей *научное исследование* и *инженерную практику.*

Ключевым вкладом поведенческой экономики стала концепция ограниченной рациональности (boundedrationality), разработанная Г. Саймоном ещё в 1950-х гг. и получившая экспериментальное подтверждение в теории перспектив Канемана-Тверски [1]. Люди не оптимизируют, а удовлетворяют: они используют эвристики, систематически нарушают аксиомы ожидаемой полезности и подвержены когнитивным искажениям – якорению, эффекту фрейминга, гиперболическому дисконтированию. Для технонауки этот сдвиг имеет тройное значение. Во-первых, *эпистемологическое*: инженерный расчёт, претендовавший на объективность, встраивается в когнитивную среду проектировщика, который сам не является рациональным агентом. Во-вторых, *методологическое:* нормативные модели оптимального решения уступают место дескриптивным и прескриптивным моделям, учитывающим реальное поведение людей. В-третьих, *технологическое:* интерфейсы человеко-машинных систем начинают проектироваться с учётом когнитивных ограничений – появляются понятия «архитектура выбора» и nudge-инженерия [2]. Вместе с тем эта трансформация порождает новые *философско-методологические проблемы*. Если рациональность ограничена, то каков критерий «правильного» технического решения? Кто несёт ответственность за выбор, предопределённый архитектурой системы? Эти вопросы выводят поведенческую экономику за рамки дисциплинарных границ в *область технознания и философии техники.*Это порождает нетривиальный парадокс: чем лучше спроектирована система выбора, тем меньше оснований считать этот выбор полностью автономным.

В результате предметом исследования становится не только когнитивный процесс выбора, но и *технологическая среда*, в которой этот процесс осуществляется. В *технонаучной среде* проектируется уже не только техническая подсистема, но и когнитивное поведение человека в ней. На философско-методологическом уровне этот сдвиг означает переход от классической рациональности к *постнеклассической,* где *субъект понимается как включенный в сложные саморазвивающиеся системы* [4]. *Поведенческая экономика* в этом смысле оказывается не периферийным направлением экономической науки, а одним из выражений более широкого эпистемологического поворота.

Экономический субъект перестает быть абстрактным носителем универсального разума – он становится *объектом проектирования* наравне с организационными структурами. В терминах В.С. Стёпина [5], меняется не только предметная область науки, но и её идеалы и нормы: критерий «правильного» технического решения теперь невозможно сформулировать в отрыве от когнитивной среды, в которой это решение будет приниматься.

Библиографическийсписок

1. **Kahneman, D.** Thinking, Fast and Slow. – New York: Farrar, Straus and Giroux, 2011. – 499 p.
2. **Талер Р.,**Санстейн К. Nudge: Архитектура выбора. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2017. – 240 с.
3. **Simon, H.A**. A behavioral model of rational choice // The Quarterly Journal of Economics. – 1955. – Vol. 69, № 1. – P. 99-118.
4. **Рупташ, О. В**. Смысловые трансформации парадигм в процессе перехода от классической к постнеклассической науке // Вестник Пермского университета. Философия. Психология. Социология. 2014. №1. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/smyslovye-transformatsii-paradigm-v-protsesse-perehoda-ot-klassicheskoy-k-postneklassicheskoy-nauke (
5. **Степин, В. С**. Теоретическое знание. Структура, историческая эволюция – М.: Прогресс-Традиция, 2003. – 744 с.

УДК 1. 165.2: 004.05

СОКОЛОВА Е.Е.

ЯВЛЯЕТСЯ ЛИ МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ ФОРМОЙ НАУЧНОГО ОБЪЯСНЕНИЯ ИЛИ ЛИШЬ ИНСТРУМЕНТОМ ПРЕДСКАЗАНИЯ?

Нижегородский государственный технический университет имени Р. Е. Алексеева

В последние годы машинное обучение воспринимается не как технический инструмент, а как нечто, меняющее логику научного познания. Алгоритмы анализируют огромные массивы данных, находят зависимости, которые трудно или невозможно заметить человеку, и при этом демонстрируют впечатляющую точность предсказаний [8]. На этом фоне возникает естественный вопрос: если модель стабильно и успешно предсказывает результат, можно ли считать, что она объясняет происходящее? Или объяснение здесь вообще не обязательно? Возможно, этот вопрос надуманный. Наука всегда стремилась к предсказаниям. Если мы можем заранее сказать, что произойдёт, разве это не главный показатель успешного знания? Однако философия науки показывает, что ситуация здесь сложнее. Исторически научное знание ценилось не только за способность предсказывать, но и за способность *понимать*. А понимание почти всегда связывалось с объяснением [1; 7].

Если обратиться к классическим философским моделям, то объяснение обычно понимается как включение частного факта в более общую систему знаний. В классической модели научного объяснения модели объяснить явление – значит вывести его из универсальных законов и начальных условий [1]. В более поздних подходах акцент делается на причинно-следственные связи, раскрывающие механизм возникновения наблюдаемого результата. [2]. В обоих случаях объяснение предполагает, что мы можем ответить не только на вопрос «что произойдёт», но и на вопрос «почему это происходит именно так» [7]. Теперь попробуем сопоставить это с тем, как работает машинное обучение. Типичный алгоритм машинного обучения не строит теорию в привычном смысле слова. Он не формулирует законы, не описывает механизмы, не выделяет причины как философские категории [3]. Вместо этого он находит устойчивые статистические зависимости между входными и выходными данными. Если зависимость позволяет уменьшить ошибку предсказания, она считается полезной, независимо от того, есть ли у неё содержательная интерпретация [5]. Именно здесь возникает ощущение разрыва с классическим идеалом науки. Многие современные модели, нейросети, в частности, настолько сложны, что их внутренняя структура становится непрозрачной. Мы можем наблюдать результат, измерять точность, сравнивать модели между собой, но не способны внятно сказать, *почему* модель пришла к тому или иному выводу. Отсюда и популярное выражение «чёрный ящик» [6].

С философской точки зрения это важно, потому что машинное обучение работает с корреляциями, а не с причинностью. Алгоритм может выявить, что два признака встречаются вместе, но из этого не следует, что один – причина другого [3; 7]. Именно причинность традиционно – центральный элемент научного объяснения. Мы хотим знать не просто, *что* связано с чем, а *что порождает* наблюдаемое явление. Нельзя сказать, что ситуация абсолютно новая. В истории науки уже возникали моменты, когда предсказательная успешность опережала объяснительную ясность. Были эмпирические формулы, отлично работавшие, но долгое время не имевшие теоретического обоснования. Однако в классической науке такие случаи воспринимались как временное состояние – как шаг на пути к более глубокому пониманию. Машинное обучение меняет эту логику, ибо здесь предсказание может рассматриваться как конечная цель, а объяснение – как необязательное дополнение [8].

Отсюда и разные философские оценки. С одной стороны, можно придерживаться практического подхода**,** считая машинное обучение не обязано объясняет происходящее. Его задача – эффективно решать практические задачи, и, если оно с этим справляется, философские требования можно считать избыточными. Такая позиция довольно популярна в инже-

нерной среде и во многом оправдана с прикладной точки зрения. С другой стороны, можно пересмотреть само понятие научного объяснения. Возможно, стоит признать, что в условиях работы с большими данными и сложными системами объяснение не обязательно должно быть причинным или механистическим. Тогда статистические и алгоритмические модели могут рассматриваться как новая форма объяснительного знания. Однако этот путь вызывает опасения, ибо сильное расширение понятия объяснения приведет к его размыванию. Наконец, существует более осторожная позиция, которая выглядит наиболее убедительной. В ее рамках машинное обучение рассматривается не как замена научного объяснения, а как его дополнение. Алгоритмы могут выявлять скрытые закономерности, подсказывать направления для исследований, помогать формулировать гипотезы [4]. Но само объяснение выявления причин, механизмов и теоретических связей – остаётся задачей человека и научной теории. В этом смысле машинное обучение – пограничный феномен. Оно демонстрирует, что высокая предсказательная точность возможна и без классического объяснения, что ставит под вопрос привычные методологические критерии. Однако, вместо того чтобы отказываться от идеи объяснения, философия науки получает повод уточнить её границы и условия применимости.

В итоге, вопрос о статусе машинного обучения оказывается не столько техническим, сколько философским. Он заставляет заново задуматься о том, что мы вообще считаем научным знанием и какую роль в нём играет понимание. Машинное обучение не уничтожает научное объяснение, но делает видимым напряжение между объяснением и предсказанием, которое всегда присутствовало в науке, но раньше не было так явно выражено.

Библиографический список

1. **Hempel, C. G.** (1965). Aspects of Scientific Explanation and Other Essays in the Philosophy of Science. Free Press.
2. **Machamer, P., Darden, L., & Craver, C. F.** (2000). Thinking about mechanisms. Philosophy of science, 67(1), 1-25.
3. **Pearl, J.** (2009). Causality: Models, Reasoning and Inference. Cambridge University Press.
4. **Pearl, J., & Mackenzie, D.** (2018). The Book of Why: The New Science of Cause and Effect. Basic Books.
5. **Rudin, C.** (2019). Stop explaining black box machine learning models for high stakes decisions and use interpretable models instead. Nature Machine Intelligence, 1(5), 206-215.
6. **Creel, K. A.** (2020). Transparency in complex predictive systems. Journal of Political Philosophy, 28(2), 158-183.
7. **Woodward, J.** (2003). Making Things Happen: A Theory of Causal Explanation. Oxford University Press.
8. **Boge, T., &Spohn, W.** (2021). The Problem of Predicting Human Behavior and the Development of Artificial Intelligence. Philosophy & Technology.

УДК 1.174: 621+629

ТОКАРЕВА П.А., МИХАЙЛОВА Т.Л,

ДЕОНТОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ИНЖЕНЕРА-ФИЗИКА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Деонтология – это отрасль знаний о долге и должном профессиональном поведении, учение о профессиональных и моральных обязанностях и правилах поведения работника, профессиональная деятельность которого связана с моральной ответственностью перед об-

ществом и человеком [3]. Актуальность исследования деонтологических аспектов профессиональной деятельности инженеров-физиков атомной промышленности связана с необходимостью изучения теоретических основ, нормативно-правовой базы и примеров практического применения деонтологических принципов в отрасли. Становление ядерной этики обусловлено имеющими общее основание, неотделимыми событиями – созданием и применением атомной бомбы, что совпадает с возникновением атомной энергетики. Очевидны причины необходимости обсуждения этических вопросов, связанных с ядерным вооружением. Этические вопросы ядерных технологий в совокупности – это вопросы пропорционального риска и ответственности за настоящее и будущие поколения. Недоверие к ядерной энергетике обосновано экономическим, экологическим, общественным, политическим аспектами. Нельзя отрицать огромное значение атомной промышленности с точки зрения мировой экономики, электроэнергетики и машиностроения. И в эпоху «ядерных открытий», и в настоящее время тотальный отказ от ядерных технологий снизит качество жизни или приведет к гибели человечества, как и связанная с ядерными технологиями, техногенная катастрофа. Человеческий фактор в предупреждении чрезвычайных ситуаций техногенного характера – определяющий; он включает, наряду с интеллектуальными и профессиональными характеристиками, нравственные и духовные составляющие. Вопрос общественной ответственности – первостепенный, если речь идет о «глобальных техногенных угрозах», к которым относится и угроза ядерной аварии.

Взгляд на безопасность в век ядерных технологий изменился: среди аспектов ядерной безопасности нравственный аспект особо значим. С позиции предупреждения чрезвычайных техногенных ситуаций ядерного характера он содержит три стороны: а) военно-политическую – ответственность государственных органов в сфере предотвращения угроз применения, совершенствования, распространения ядерного оружия; б) индустриально-экологическую – ответственность специалистов в разработке, применению, использованию атомных технологий, эксплуатации предприятий атомной индустрии, недопущение причин техногенных аварий; в) научно-социальную – обусловленную, во-первых, ответственностью ученых за исследования в ядерной физике в контексте использования результатов в деятельности человека, во-вторых, нравственной гражданской позицией учёных в борьбе за обеспечение ядерной безопасности [6].

Профессиональный долг воспринимается специалистом как нравственная потребность, безопасность – внутренняя потребность работников атомной отрасли. Обязательства специалистов рассматриваются не столько через призму профессиональных обязательств, сколько как ответственность перед собой, коллегами, профессией, обществом. Согласно «Общим положениям обеспечения безопасности атомных станций», «культура безопасности – «квалификационная и психологическая подготовленность всех лиц, при которой обеспечение безопасности АС есть приоритетная цель и внутренняя потребность» [2]. Особую роль в характеристике должного поведения сотрудника атомно-промышленного предприятия играют нормативные акты в области деловой этики (Кодекс этики) [1]. Создание этического кодекса для предприятий ядерного сектора включает формирование и определение ключевых ценностей, создание механизмов контроля. По Кодексу этики ГК Росатом, должное поведение – это поведение работника отрасли, следующего правилам: а) ставить безопасность выше прибыли; б) использовать принцип личной ответственности за безопасность; в) обеспечивать эффективные механизмы управления и коммуникации между советом директоров и линейным менеджментом; г) быть честными в коммуникации с регулирующими органами, сотрудниками и местными сообществами; д) поддерживать культуру отчетности, направленную на выявление небезопасных практик и инцидентов; е) не допускать взяточничества и коррупции; ж) не допускать нелегальной продажи или неправомерного использования материалов, технологий и информации; з) быть хорошими соседями для местных сообществ [1].

Таким образом, нарушение деонтологических норм в профессиональной деятельности работников атомной промышленности может повлечь угрозу предупреждению рисков и их минимизации. Нарушение норм может привести к конфликтным ситуациям и этическим ди-

леммам – ситуациям, в которых личные интересы работника могут влиять на исполнение им трудовых обязанностей.

Библиографический список

1. **Кодекс этики Госкорпорации «Росатом»** (редакция от 5 марта 2024 года) [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: rosatom.ru/sustainability/code-of-ethecs/ – 2024
2. **Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии** «Общие положения обеспечения безопасности атомных станций» (НП-001-15, сокращенно ОПБ-88/15): приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 17 декабря 2015 года № 522 (с изменениями на 20 августа 2025) [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: https://docs.cntd.ru/document/420329007
3. **Новая философская энциклопедия** [Текст]: в 4 т. / Рос. акад. наук, Ин-т философии, Нац. обществ-науч. фонд; [науч.-ред. совет: В. С. Степин и др.]. – Москва: Мысль, 2010.
4. **Гейзенберг, В**. Физика и философия. Часть и целое; пер. с нем. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. – 400 с.
5. **Василенко, Н.П**Деонтологический аспект культуры безопасности в профессиональной деятельности работников атомной отрасли // Глобальная ядерная безопасность. – 2015. – № 4(17). – С. 129-132.
6. **Малов, А. В**. Нравственные аспекты ядерной безопасности в современном обществе [Текст] / А. В. Малов // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2012. – № 2.

СЕКЦИЯ 15

СТУДЕНЧЕСКИЕ ИНЖЕНЕРНЫЕ ПРОЕКТЫ

УДК 629.7

БАТЫГИНА Д.А., КУЛАГИН А.Л.

РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ТЕРМОВАКУУМНОЙ ФОРМОВКИ КОМПОЗИТНЫХ СЭНДВИЧ-ПАНЕЛЕЙ ДЛЯ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Композитные материалы приобрели огромную популярность в последние десятилетия благодаря уникальному сочетанию свойств: соотношение прочности и веса, коррозийная стойкость, гибкость проектирования, энергоэффективность, экономичность и экологичность.

Разрабатываемое оборудование относится к области обработки материалов с использованием термического воздействия в вакуумной среде. Оборудование ориентировано на подготовку композитных сэндвичных панелей для последующего применения в силовых и несущих системах беспилотных авиационных систем. Сэндвич-панели формируются на основе армирующих тканей из стекломата, стекловолокна, базальтового волокна и углеродного волокна, а также конструкционного пенопласта. Используемый армирующий материал может быть использован в состоянии предварительной пропитки связующим веществом или в условиях ручного нанесения связующего вещества при формировании нескольких слоев армирующего материала.

Разработка оборудования актуальна в области беспилотных авиационных систем, так как помогает быстро и качественно изготавливать прочные детали из композитных сэндвич-панелей с высокой точностью. Особенностью оборудования является возможность подготовки сэндвич-панелей с необходимыми физико-механическими характеристиками и толщиной до 10 мм, вариативными переменными являются тип плетения, плотность и толщина армирующего материала, а также плотность и толщина конструкционного пенопласта.

Сформированные на основе применения оборудования сэндвич-панели выступают в качестве заготовок для изготовления силовых и несущих систем беспилотных авиационных систем. В качестве силовых элементов рассматриваются следующие компоненты: рамные элементы беспилотных летательных аппаратов мультироторного типа и самолетного типа, элементы фюзеляжа (шпангоуты, лонжероны), элементы консолей крыла (нервюры и лонжероны).

Рис. 1. Концептуальная модель специализированного оборудования термовакуумной формовки композитных сэндвич-панелей

УДК 629.7

БАТЫГИНА Д.А., КУЛАГИН А.Л.

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ СТАДИЯ УЧАСТИЯ СКБ БПЛА НГТУ В СТУДЕНЧЕСКОМ КОНКУРСЕ АВИАЦИОННОГО ТВОРЧЕСТВА (СКАТ 2026)

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева

Студенческий конкурс авиационного творчества (СКАТ) – первый в России конкурс, где требуется осуществить полный цикл производства беспилотного летательного аппарата: от разработки до изготовления. Участвовать могут команды студентов под руководством наставников. Организатором СКАТ выступает ПИШ ФАЛТ МФТИ. Конкурс проводится при поддержке ФЦК МФТИ. СКБ БПЛА НГТУ им. Р.Е. Алексеева, принимает участие с периода основания конкурса, с 2022 года.

В 2026 году, исходя из регламента конкурса и формирования концептуального отчета, командой СКБ БПЛА НГТУ им. Р.Е. Алексеева была выбрана нормальная схема самолета с высоко расположенным прямым крылом, классическим хвостовым оперением, состоящим из стабилизатора и киля, двумя моторами, располагающимися на крыле (рис. 1).

Преимущества нормальной схемы: простота конструкции, удобство обслуживания. Высоко расположенное крыло обеспечивает положение центра давления над центром тяжести, что повышает запас устойчивости по крену, кроме того, уменьшаются шансы повредить крыло, моторы и винты при посадке, при этом обеспечивается свободное пространство внутри фюзеляжа и реализуется возможность организовать воздушное охлаждение компонентов электроники. Также благодаря такой компоновке будет возможно предусмотреть наличие инспекционных лючков и обеспечить высокую контролепригодность систем управления.

Выбранное полётное задание, исходя из регламента конкурса, предполагает полёт на дистанцию 10 км и перемещение на борту полезной нагрузки. Полезная нагрузка состоит из двух коробок массой 0,5 кг. При этом в рамках полетного задания необходимо выполнить сброс полезной нагрузки в указанную точку.

Также командой выбрано дополнительное задание – поиск символов при помощи систем технического зрения интегрированных в конструкцию беспилотного воздушного судна.

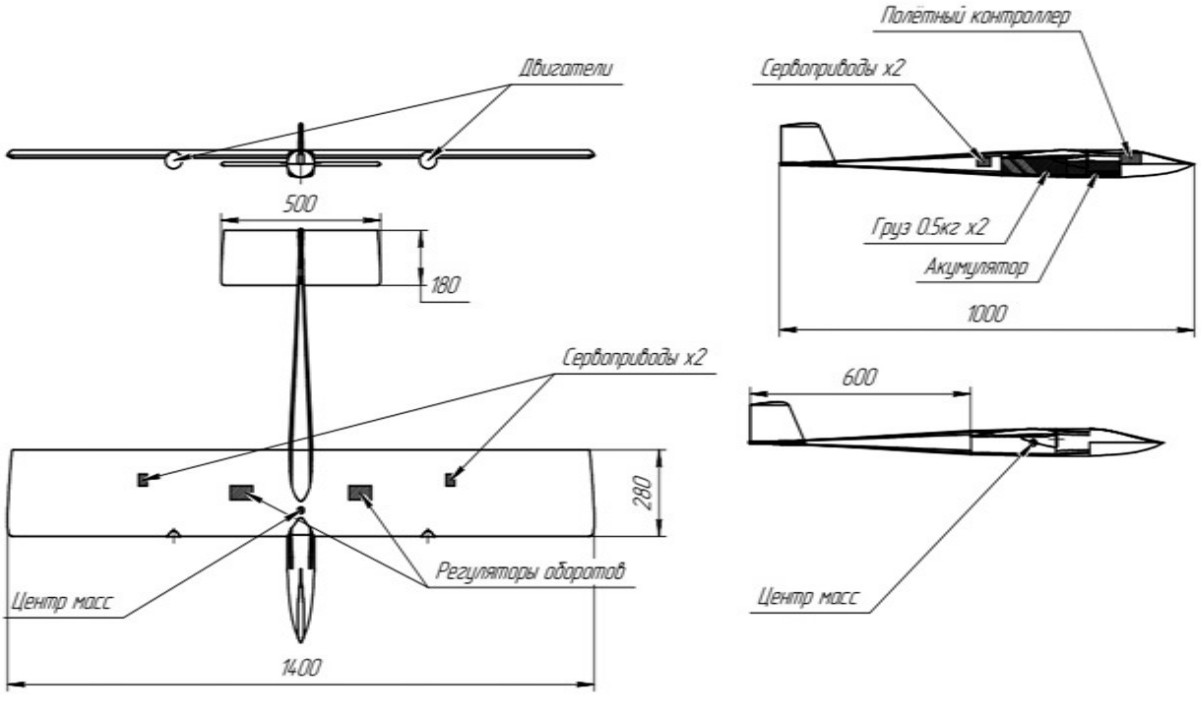


Рис. 1. Эскиз внешнего вида беспилотного воздушного судна со схемой расположения БО и СУ

УДК 620.9

ВАСИЛЬЕВ М.И., КОНОНОВА В.В., КУЛАГИН А.Л.

СПЕЦИФИКА И ОСОБЕННОСТИ ВОДОРОДНОГО ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева

Топливные элементы (ТЭ) по принципу действия схожи с гальваническими элементами («батарейками») и аккумуляторами. Однако есть принципиальная разница: у гальванического элемента запас реагентов ограничен и находится внутри корпуса, а в ТЭ реагенты (водород и кислород) непрерывно поступают извне, при этом предусматривается удаление продуктов химической реакции. Ввиду этого ТЭ работает до тех пор, пока обеспечена подача реагента.

ТЭ содержит анод, катод и электролит (рис. 1) – тонкую прослойку твердого протонопроводящего вещества. Напряжение единичного элемента (мембранно-электродного блока, МЭБ) низкое – порядка 1 В. Для увеличения напряжения, элементы собирают в батареи, соединяя последовательно, с общей системой подачи реагента и отводом продуктов химической реакции.

Батарея топливных элементов (БТЭ) вырабатывает электричество за счет реакции водорода с кислородом воздуха. БТЭ не разряжаются и не требуют зарядки. В отличие от ДВС и турбин, они не сжигают топливо, не имеют движущихся частей, работают бесшумно и без вибраций. Это источник прямого преобразования химической энергии в электрическую. Единственный продукт выброса – вода. Системы на БТЭ применяются в автомобилях, беспилотниках и робототехнике.

Анод и катод разделены протонообменной мембраной (ТПЭ).

На аноде: водород отдает электроны и превращается в протоны:

$$2H_2 \rightarrow 4H^+ + 4e^-$$

На катоде: кислород соединяется с протонами и электронами:

$$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$$

Общая реакция:

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$$

Электроны идут по внешней цепи, создавая полезный ток. Протоны проходят через электролит к катоду.

Одним из главных минусов является дороговизна протоннообменной мембраны, т.к. в ее состав входит несколько грамм (взависимости от размеров БТЭ) платины. БТЭ с на водороде – это эффективный, экологичный и бесшумный генератор, работающий на водороде.

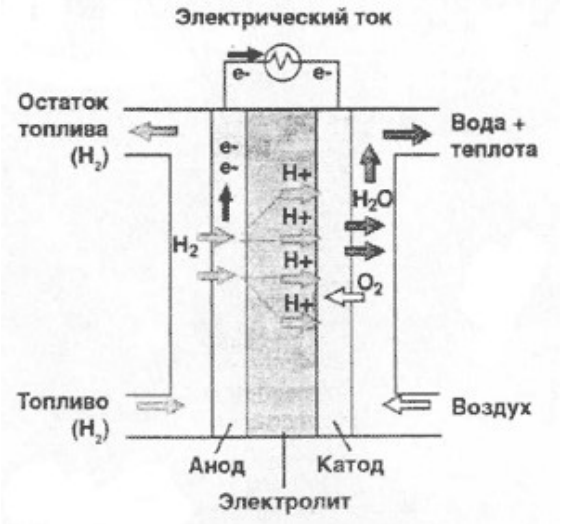


Рис. 1. Схема водородного топливного элемента

УДК 629.7

ВАСИЛЬЕВ М.И., КОНОНОВА В.В., КУЛАГИН А.Л.

ВНЕДРЕНИЕ ВОДОРОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В БЕСПИЛОТНЫЕ АВИАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Современная авиация, включая сегмент беспилотных авиационных систем (БАС), сталкивается с двойным вызовом: необходимостью увеличения дальности и продолжительности полетов при одновременном снижении углеродного следа.

Традиционные литий-ионные аккумуляторы, доминирующие в малой авиации, достигли технологического предела по удельной энергоемкости (150-250 Вт·ч/кг), что ограничивает время полета мультироторных БАС до 30 - 40 минут.

Водород рассматривается как наиболее перспективный энергоноситель для преодоления этих ограничений. Удельная энергетическая плотность водорода в 3-4 раза выше, чем у авиационного керосина, и в 10-20 раз выше, чем у литиевых батарей. При сгорании или электрохимическом окислении водорода образуется только вода, что делает его экологически чистым решением.

Водородные топливные элементы обеспечивают удельную энергоёмкость в пределах от 500 до 800 Вт·ч/кг, что в 3-6 раз превышает показатели современных литиевых батарей. На практике это означает увеличение времени полёта с 40 минут до 2-8 часов при сопоставимой массе аппарата. Критически важным для коммерческой эксплуатации является и скорость восстановления ресурса: заправка водородом занимает 5-15 минут против 1-3 часов зарядки литиевых батарей.

К основным минусам использования водорода в сфере БАС относятся тяжелые баллоны, которые минимизируют полезную нагрузку. Инфраструктура производства, сжатия и хранения водорода требует значительных инвестиций, что определяет высокую стоимость водородного топлива и обслуживания техники. Производство «зеленого» водорода требует большого объема энергии, из-за получения его путем электролиза воды с использованием возобновляемой энергии (солнце, ветер), при этом выбросы CO_2 отсутствуют. Ввиду этого топливо стоит в разы дороже авиационного керосина или обычной электроэнергии. В то время как «серый» водород получается из природного газа путем паровой конверсии метана (ПКМ) и его производство дешевле, но при этом, выделяется большое количество углекислого газа, который не вписывается в концепцию экологически чистого топливного элемента. Так же в составе энергетической системы БАС, есть необходимость использования литиевых аккумуляторов (гибридная силовая установка), чтобы избежать деградации водородных топливных элементов в моменты пиковых нагрузок во время полёта. Главная техническая проблема – хранение водорода на борту. Металлические баллоны, применительно к беспилотной авиации, имеют недостатки в значительной массе и габаритах, а легкие композитные аналоги, адаптированные к применению в БАС, находятся в дефиците. Ещё одна из проблемных областей – это отсутствие инфраструктуры заправки водорода. Заправлять водородный дрон практически негде. Стационарные станции для автомобилей не подходят, а мобильных решений почти нет.

В России разработкой дронов на водородном топливе занимается ряд компаний, включая «Аэромакс», "ЛегионАэро" и др. Компания «Аэромакс» является одним из лидеров в этом сегменте. Её ключевой разработкой является беспилотный вертолет SH-750 с водородной силовой установкой взлетной массой 750 кг, способный нести до 100-300 кг полезной нагрузки. Аппарат предназначен для доставки грузов до 100-300 кг и эксплуатации в сложных климатических условиях, включая Арктику.

Таким образом, технологии с водородными топливными элементами будут полезны

там, где время полета является основополагающим фактором в выполнении задачи, а именно: аэрофотосъемка, мониторинг, поисково-спасательные операции, сельское хозяйство точного земледелия с мультиспектральной и тепловизионной съемкой полей.

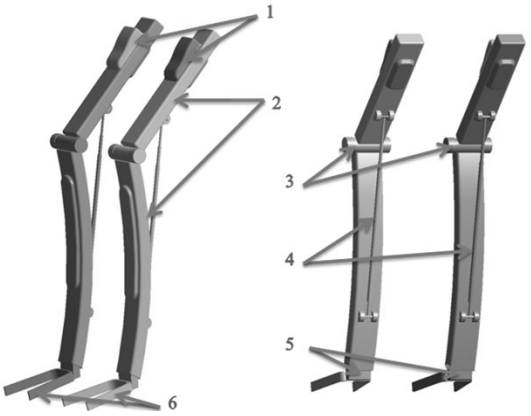
УДК 007.52

КАНГИН А.М.

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ПРОМЫШЛЕННОГО ЭКЗОСКЕЛЕТА

Арзамасский политехнический институт НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Экзоскелеты становятся всё популярнее в различных сферах деятельности – они помогают людям в поднятии и перемещении тяжестей, безопасном выполнении потенциально травматичных или непосильных операций. Конструкция разработанного промышленного экзоскелета предназначенного для разгрузки веса человека с мышц ног при работе стоя приведена на рис.1.



1 – кронштейны
2 – система рычагов
3 – шарниры
4 – газовые пружины
5 – рычаги
6 – присоединительные скобы

Рис. 1. Конструкция разработанного промышленного экзоскелета

Разработанный промышленный экзоскелет имеет следующие преимущества по сравнению с аналогами:

– простота и дешевизна изготовления конструкции за счет использования стандартизированных элементов;

– устройство является пассивным и работает без дополнительных приводов, двигателей и других источников энергии;

– возможность изготовления из алюминиевого сплава или композиционных материалов позволяет облегчить конструкцию;

– не препятствует выполнению основных движений, таких как ходьба;

– регулировка по длине каждого из элементов конструкции дает возможность использовать экзоскелет людям разного роста.

УДК 620.9

КОНОНОВА В.В., ВАСИЛЬЕВ М.И., КУЛАГИН А.Л.

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОДОРОДНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК В РАЗЛИЧНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Водород – самый распространённый элементом во Вселенной. Теплотворная способность водорода, на уровне 120,1 МДж/кг, в сочетании с экологичностью делает его перспек-

тивным видом топлива. Эксплуатация водородных энергетических установок в разнообразных климатических условиях требует учета ряда особенностей.

В условиях холодного климата, водород проявляет ряд преимуществ: благодаря высокой воспламеняемости он гарантирует быстрый и надёжный запуск двигателя.

Однако низкие температуры порождают и специфические проблемы. Для сохранения водорода в жидком состоянии требуется поддерживать температуру около –253°C, а любое её повышение вызывает испарение газа и потери топлива. Замерзание воды, как продукта химического процесса, в трубопроводах и клапанах способно блокировать подачу топлива. Для предотвращения подобных ситуаций необходимы осушители и антифризы.

Также при низких температурах диффузия протонов через мембрану топливных элементов замедляется, приводя к снижению КПД. Решить эти проблемы помогают термоизоляция топливных баков, системы подогрева топливных элементов, применение специальных низкотемпературных электролитов для предотвращения замерзания.

Жаркий климат создаёт иной комплекс эксплуатационных особенностей. При высоких температурах нагрев газообразного водорода провоцирует рост давления в резервуаре, что обуславливает применение предохранительных клапанов. В пустынных регионах, где температура воздуха нередко превышает 45°C, система охлаждения испытывает повышенную нагрузку. При температурах выше 80°C возрастает деградация полимерных мембран топливных элементов, сокращая срок их службы. Для борьбы с этими эффектами внедряют активную систему охлаждения топливных элементов и баков, используют термостойкие материалы, устанавливают датчики давления и организуют автоматизированное стравливание избыточного газа.

Существенное влияние на функционирование водородных систем оказывает и влажность воздуха. Повышенная влажность ускоряет коррозию трубопроводов и баков, влага может накапливаться внутри трубопроводов, провоцируя сбои в подаче топлива. Избыточная влажность снижает проводимость протонов через мембрану топливных элементов, тогда как её недостаток приводит к высыханию мембраны. Противодействовать этим явлениям позволяют коррозионностойкие материалы, осушители воздуха на входе в топливные элементы, системы контроля влажности.

На больших высотах снижение атмосферного давления оказывает влияние на работу водородной энергетической установки. Пониженное давление уменьшает концентрацию кислорода в воздухе, что требует корректировки соотношения H_2/O_2. Низкая плотность воздуха осложняет смесеобразование, а низкое давление негативно влияет на эффективность диффузии газов через мембрану топливных элементов. Справиться с этими трудностями помогают адаптивные системы управления подачей водорода и воздуха, а также датчики давления.

Таким образом, водородные энергетические установки демонстрируют значительный потенциал для эксплуатации в самых разных климатических условиях: они выигрывают при холодном пуске, обладают высоким КПД и нулевым уровнем вредных выбросов. Однако для массового внедрения предстоит решить ряд технических, технологических и экономических задач. В круг таких задач входят: снижение стоимости топливных элементов, усовершенствование системы хранения водорода, формирование развитой инфраструктуры производства, хранения и заправки водорода.

УДК 629.7

КОНОНОВА В.В., ВАСИЛЬЕВ М.И., КУЛАГИН А.Л.

ПРЕДПОСЫЛКИ И ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ВОДОРОДНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК В СССР И РОССИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Началом отсчета исследований в области применения водородного топлива в СССР являются 1930-е годы. В Московском механико-машиностроительном институте им. М.В. Ломоносова (сейчас МГТУ им. Н.Э. Баумана) изучали влияние добавок водорода к бензину на работу двигателя ЗИС-5.

Ключевым событием стало применение водорода в годы Великой Отечественной войны. Осенью 1941 года Ленинград оказался в блокаде. Бензин для аэростатных лебёдок закончился, город лишился воздушного прикрытия от немецких бомбардировщиков. Традиционные источники энергии иссякли. Тогда инженеры обратились к единственному доступному газу – водороду, которым заполняли аэростаты заграждения.

Водород получали методом электролиза воды, что вызывало её разложение на водород и кислород. Для этого использовались специальные электролизёры, которые уже в конце 1930-х годов устанавливали на некоторых ленинградских предприятиях, например на фарфоровом заводе.

Производство было налажено на двух площадках: прямо в осаждённом городе продолжали работать несколько промышленных электролизных установок, дававших водород для нужд ПВО, а также водород поступал по газопроводу, проложенному по дну Ладожского озера.

Ключевую роль сыграл воентехник Борис Исаакович Шелищ. После того как первый эксперимент по запуску двигателя на водороде едва не привёл к взрыву из-за обратного удара пламени, изобретатель нашёл радикальное решение. Он поместил шланг подачи водородной смеси в огнетушитель, наполненный водой. Полученный гидрозатвор пропускал газ в камеру сгорания, но гасил обратную вспышку. К ноябрю 1941 года около 600 машин частей ПВО уже работали на водороде. Применение водорода в блокадном Ленинграде – это образец военно-инженерного мышления, этот эпизод остаётся символом того, как наука и изобретательность в экстремальных условиях приводят к прорывным решениям.

В 1980-х годах в СССР возобновились исследования водородных технологий, на этот раз в авиационной сфере. В конструкторском бюро под руководством Н. Кузнецова (г. Самара) разрабатывали авиадвигатели для пассажирских лайнеров КБ Туполева. Ключевым проектом стал эксперимент с реактивным двигателем на жидком водороде, установленным на самолёте Ту-155 в рамках программы ММЗ «Опыт».

Возрождение интереса к водородному топливу в России началось в 2021 году, когда правительство утвердило Концепцию развития водородной энергетики и сопутствующую «дорожную карту».

Учёные Федерального исследовательского центра проблем химической физики и медицинской химии РАН (г. Черноголовка) совместно с МФТИ представили БПЛА на водородных топливных элементах. Аппарат обеспечивал возможность нахождения в воздухе на протяжении 2,5 часов, перевозить до 2 кг полезной нагрузки и развивать скорость 50 км/ч. Компания «Эмпериум», специализирующаяся на электросудах, успешно испытала водородный электрохимический генератор. Его внедрение повышает автономность хода электросудов, что особенно актуально на дальних маршрутах и в районах без зарядной инфраструктуры.

Российская Федерация последовательно продвигает концепцию развития и внедрения технологий водородной энергетики и в ближайшем будущем мир действительно вступит в водородную эру.

УДК 51.74:536.24

МАРКЕЕВА Т.М.

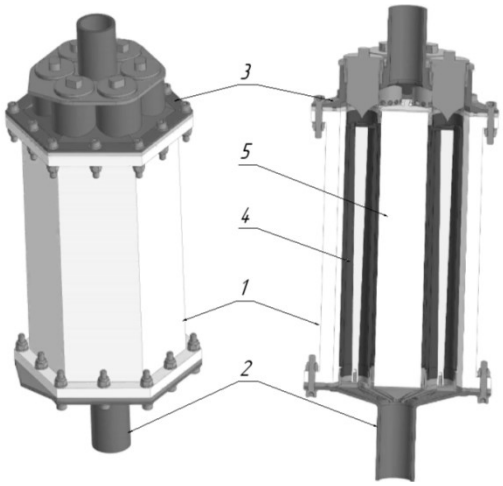
ОПТИМИЗАЦИЯ ОХЛАЖДЕНИЯ СБОРКИ ТРУБЧАТЫХ РЕЗИСТОРОВ МЕТОДОМ ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЁТА

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

В автономных энергосистемах (газотурбинная генерация, атомная энергетика, судовые и космические установки) медленная динамика изменения мощности генераторов при быстрых скачках нагрузки приводит к критическому дисбалансу. Для его компенсации требуются быстродействующие системы балластных нагрузок, мгновенно поглощающие избыточную мощность. Требование исключения индуктивных процессов обусловливает применение без-

индуктивных непроволочных трубчатых резисторов на основе пористой керамики с пиролитическим углеродным покрытием.

Существующие нагрузочные модули обладают двумя главными недостатками: большими массой и габаритами из-за каскадирования модулей, а также низкой эффективностью охлаждения, вызывающей перегрев и деградацию материалов. Цель работы – разработка компактной и эффективной системы охлаждения сборки резисторов с оптимизацией геометрии методом CFD-моделирования.



1 – корпус;
2- нижний коллектор;
3- верхняя крышка;
4 –резистивная сборка;
5- центральный вытеснитель

Рис. 1. Трехмерная 3Д-модель изделия

Предложенное техническое решение включает корпус, нижний коллектор, верхнюю крышку, резистивную сборку и центральный вытеснитель. Вода подаётся через входной патрубок нижнего коллектора. За счёт модифицированной коллекторной системы расход распределяется оптимально: часть воды обтекает резистор с внешней стороны, часть – с внутренней, что увеличивает площадь теплоотдачи. Выход теплоносителя осуществляется через верхний патрубок. Конструкция позволяет вынимать резисторы без полного разбора.

В ходе проектирования проведены теплогидравлические расчёты: подбор внутреннего вытеснителя, размеров внешней стенки, конструирование нижнего коллектора и верхней крышки, расчёт всего водяного объёма. Создана расчётная сетка с измельчением у поверхностей (среднее $y+ \approx 1{,}5$). Граничные условия для воды: температура 25°C, давление 3 атм, расход 1 кг/с. Поверхностный нагрев — плотность теплового потока 151,6 кВт/м². Модель турбулентности — Shear-StressTransport (SST).

По результатам расчётов температура резисторов не превысила максимально допустимого значения 200°C. Особенность решения – комплексный подход, обеспечивающий эффективный теплосъём за счёт разделения потока и высокое быстродействие благодаря безиндуктивным элементам. Увеличена площадь теплоотдачи и обеспечена минимальная индуктивность по сравнению с аналогами.

Изобретение разработано при финансовой поддержке Фонда содействия инновациям (договор № 4531ГССС15-L/102593).

УДК 621.38

СИНЕЛЬНИКОВ Е.С.

РАЗРАБОТКА И ИЗГОТОВЛЕНИЕ МАКЕТА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКЕ

ГБПОУ Нижегородский радиотехнический колледж

Целью проектной работы является создание макета для проведения лабораторных работ по исследованию вольт-амперных характеристик выпрямительного диода, стабилитрона, транзистора ОБ, транзистора ОЭ, полевого транзистора.

Работа актуальна, так как разработанная принципиально новая электрическая схема макета позволит качественной улучшить массогабаритные показатели, повысить надежность, обеспечить наглядность проводимых измерений.

Задачами работы является получение недорогого, компактного, надежного, с использованием современной элементной базы устройства для проведения лабораторных исследований. Разработка макета для проведения лабораторных работ по электронной технике

На рис. 1 представлена схема электрическая принципиальная, выполненная в программе PCAD.

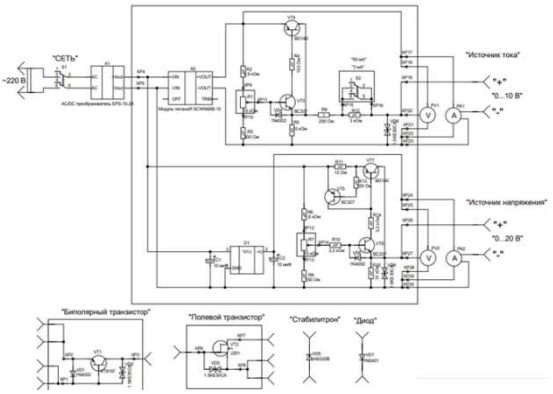


Рис. 1. Схема электрическая принципиальная

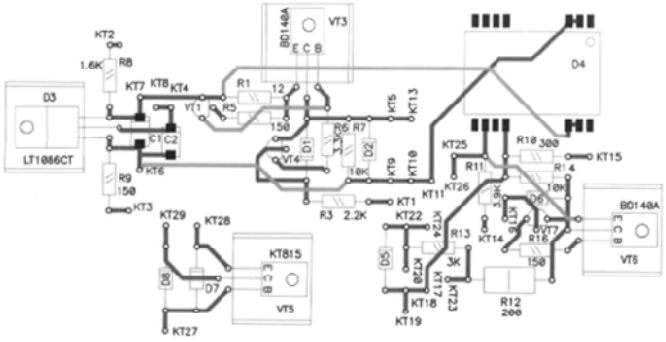
Схема состоит из двух гальванически изолированных источников: источника тока (ИТ) и источника напряжения (ИН). Переменное напряжение сети (220В, 50Гц) преобразуется в постоянное +24В с помощью AC/DC преобразователя A1. Постоянное напряжение +15В получается с помощью преобразователь DC/DC A2.

Источник тока – это не что иное, как регулируемый источник напряжения, пределы измерения которого соответствуют (0-10)В. Резисторы R9 и R12 обеспечивают необходимые максимальные токи «3mA» и «50mA» соответственно. Нужный диапазон максимального тока выбирается переключателем S2.

Напряжение регулируется с помощью силового транзистора VT4, собранного по схеме общий эмиттер (ОЭ). Входной ток этого транзистора (ток базы) управляется транзистором VT3. Меняя потенциал на базе VT3 с помощью переменного резистора R1 можно регулировать напряжение на коллекторе транзистора VT4. VT4, открываясь, устанавливает на эмиттере транзистора VT3 напряжение не более, чем напряжение эмиттерного перехода (0,7В).

Источник напряжения обеспечивает регулируемое напряжение в диапазоне (0-20)В. Принцип работы источника напряжения аналогичен работе источника тока. Транзистор VT5 предназначен для ограничения выходного тока источника напряжения. Если выходной ток будет больше 50 mA, напряжение на резисторе R11 откроет транзистор VT5, коллекторный ток его повысит потенциал базы VT7 (n-область), что приведет к закрыванию силового транзистораVT7 и, следовательно, к уменьшению его выходного тока.

Стабилизатор напряжения D1 предназначен для питания цифровых вольтметров и амперметров. На рис. 2 представлена плата печатная.



На рис.3 представлен внешний вид макета.

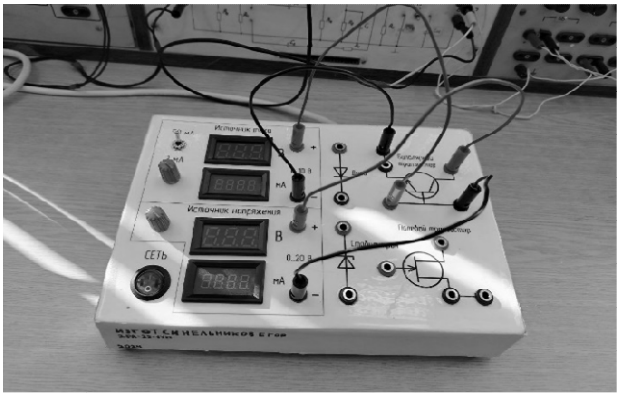


Рис. 3. Внешний вид макета

В качестве корпуса макета использован корпус старого прибора, поэтому в стоимость макета вошла только стоимость радиоэлементов, расчет стоимости которых представлен в табл. 1.

Таблица 1

Расчет стоимости радиоэлементов

Радиоэлемент	**Обозначение**	**Количество**	**Стоимость (руб.)**
AD/DC преобразователь EPS-15-24	A1	1	570
Модуль питания SCWN06B-15	A2	1	520
Конденсатор К-50-35 (10мкФ)	C1, C2	2	55x2=110
Микросхема L7812ABV	D1	1	33
Амперметр цифровой (0-100мА)	PA1, PA2	2	600x2=1200
Вольтметр цифровой (О-100В)	PV1, PV2	2	520x2=1040
Резистор 16К1-В (10кОм)	R1, R7	2	39x2=78
Резистор С1-4 (3,9 кОм)	R2	1	7
Резистор С1-4 (300 Ом)	R3	1	9
Резистор С1-4 (150 Ом)	R4, R8, R13	3	7x3=21
Резистор С1-4 (10 кОм)	R5, R15	2	5x2=10
Резистор С1-4 (1,6 кОм)	R6	1	7
Резистор С1-4 (200 Ом)	R9	1	8
Резистор С1-4 (2,2 кОм)	R10	1	3
Резистор С1-4 (12 Ом)	R11	1	5
Резистор С1-4 (3 кОм)	R12	1	20
Резистор С1-4 (3,3 кОм)	R14	1	12
Тумблер KNX-6A	S1, S2	2	47x2=94
Диод 1N4002	VD1, VD4, VD6	3	6x3=18
Диод 1.5KE30CA	VD2, VD3, VD8, VD9	4	37x4=148
Диод 1N5230B	VD5	1	30
Диод 1N5401	VD7	1	6
Транзистор КТ 815Г	VT1	1	25
Транзистор J201	VT2	1	32
Транзистор BC337	VT3, VT6	2	60x2=120
Транзистор BD140	VT4, VT7	2	23x2=46
Транзистор BC327	VT5	1	12
Провода		4	40x4=160
Гнезда		17	20x17=340
ИТОГО			**4684**

В результате экономического расчета стоимость радиоэлементов составила 4684 рубля.

Задачи, стоящие передо мной, выполнены в полном объеме. Создан недорогой макет стоимостью 4684 руб.

Габаритные размеры макета составляют (25x17x9)см, в то время как старый макет имел габариты (52x40x21)см, то есть, примерно, в 2 раза больше. Масса разработанного устрой-

ства в 4 раза меньше старого (2 кг против 8 кг). Таким образом, макет получился компактным и легким.

Современная элементная база позволяет считать данное устройство более надежным.

Использование цифровых приборов сокращает время проведения измерений, так как не требуется рассчитывать цену делений приборов.

На этом макете выполняются пять лабораторных работ:

1) исследование ВАХ выпрямительного диода,
2) исследование ВАХ стабилитрона,
3) исследование ВАХ транзистора ОБ,
4) исследование ВАХ транзистора ОЭ,
5) исследование полевого транзистора.

С использованием программы-редактора электронных таблиц Excel по полученным измерениям были построены графики вольт-амперных характеристик полупроводниковых приборов, которые подтвердили теоретические данные.

Имея схемы электрическую принципиальную и плату печатную, можно изготовить несколько таких приборов, обеспечив подгруппу из 12 студентов необходимыми устройствами. Главное достоинство разработанного и изготовленного макета состоит в том, что показатель цена/качество соответствует требованиям бюджетной учебной организации.

Библиографический список

1. Бурыкин, В.И./ Генератор тока/В.И. Бурыкин
2. Клюшников, О.И., Степанов, А.В./Теоретические основы электротехники/ О.И. Клюшников, А.В. Степанов//Учебное пособие, 2006 - 3. Схемотехника транзисторных источников тока

БУДУЩЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ НАУКИ

Сборник материалов
XXV Всероссийской молодежной
научно-технической конференции,
посвященной 110-летию со дня рождения
конструктора Р.Е. Алексеева,
125-летию со дня рождения конструктора М.В. Веселовского
и 150-летию со дня рождения изобретателя Г.В. Тринклера

Редактор О.В. Пугина
Компьютерный набор Е.Ю. Крюкова

Подписано в печать 04.05.2026. Формат 60 х 84 $^{1}/_{8}$.
Бумага газетная. Печать трафаретная. Усл. печ. л. 96,5.
Тираж 50 экз. Заказ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева.
Типография НГТУ.
Адрес университета и полиграфического предприятия:
603155, Нижний Новгород, ул. Минина, 24.

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

XXV

Всероссийская
молодежная
научно-техническая
конференция

БУДУЩЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ НАУКИ

14-15 мая 2026 г.

9 785502 019996