

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Министерство образования, науки и молодежной политики
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
XIX Всероссийской молодежной
научно-технической конференции,
посвященной 75-летию
Победы в Великой Отечественной войне*

Нижний Новгород, 8 октября 2020 г.

Нижний Новгород 2020

УДК 62
ББК 30
Б 903

Будущее технической науки: сборник материалов XIX Всероссийской молодежной научно-техн. конф.; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2020. – 363 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, В.С. Макаров, Е.В. Бычков, А.Е. Жуков, В.И. Казакова, О.А. Казанцев,
В.А. Козырин, В.Е. Колотилин, И.Л. Лаптев, М.А. Легчанов,
Т.Л. Михайлова, Н.А. Мурашова, В.И. Поздяев, Е.Н. Соснина, В.П. Хранилов

ISBN 978-5-502-01369-7

© Нижегородский государственный
технический университет
им. Р.Е. Алексеева, 2020

Оргкомитет XIX Всероссийской молодежной научно-технической конференции «Будущее технической науки» приветствует всех участников в стенах Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева. Ежегодно проводимая конференция в девятнадцатый раз собирает для обмена опытом сотни молодых ученых, аспирантов, магистрантов и студентов.

XIX Всероссийская молодежная научно-техническая конференция «Будущее технической науки» в 2020 г. посвящена 75-летию Победы в Великой Отечественной войне.

Конференция проводится в рамках реализации Программы развития Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеев как опорного вуза Нижегородской области и России (блоки-мероприятий 1.1, 1.2, 1.3, 3.2, 3.3, стратегический проект 1, стратегический проект 2), статус которого получен в апреле 2017. Конференция является одним из ключевых мероприятий реализации блока мероприятий Программы развития по выявлению и поддержке талантливых студентов, играет важную роль в профориентационной работе, проводимой в рамках стратегического проекта 1 «Инженерный лифт».

Конференция «Будущее технической науки» организована с целью содействия творческой и профессиональной деятельности молодых ученых. Она создает уникальные условия для практического осуществления программ подготовки и закрепления молодых научно-технических кадров, являясь реальным средством поддержки и реализации их инициатив. Именно на сохранении и развитии кадрового потенциала молодых ученых в настоящее время необходимо сосредоточить максимальные усилия. Личность молодого, нестандартно мыслящего ученого, опирающегося на фундаментальные теоретические знания, движет мир к техническому совершенству. Опираясь на научные знания и преемственность поколений, формируются высококвалифицированные научно-технические кадры, столь необходимые для развития промышленности и экономики России.

Программа «УМНИК» (Участник молодежного научно-инновационного конкурса), организованная Фондом содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере, помогает начинающему исследователю перейти от анализа заимствованного опыта к осмыслению практической востребованности собственных идей. Работа над созданием продукта, имеющего спрос, разработка технологии предполагают деятельность коллектива. Поэтому «УМНИК» способствует коллективному творчеству, основным ресурсом которого являются молодые ученые и инженеры. Ваши знания, воля и энергия – то, что сопутствует молодости и профессионализму. Путь от идеи, изобретения до внедрения инновации легче и надежнее пройти в коллективе действующего коммерческого предприятия, опираясь на опыт старших товарищей и используя средства, выделяемые Фондом. Участие в конкурсе по программе «УМНИК» реализуется в рамках Международной молодежной научно-технической конференции «Будущее технической науки» с 2007 г.

Развитие научных идей, систематизация практического материала и интеграция молодых ученых из различных научных центров и промышленных предприятий невозможны без обмена опытом, что предполагает формирование коммуникативного пространства. Мы надеемся, что нынешняя конференция станет одним из этапов, способствующих объединению и творческому развитию научно-технической молодежи, расширению научного кругозора каждого участника и поможет проникнуться духом научного открытия и осознания ценности научной коммуникации, что позволит в будущем занять достойное место в научном сообществе среди именитых деятелей образования, науки и производства.

Оргкомитет

СОДЕРЖАНИЕ

История науки и техники в лицах.	5
1. Радиоэлектроника и информационные технологии.	12
1.1. Радиоэлектронные системы и устройства.	12
1.2. Конструирование и технология радиоэлектронной аппаратуры.	30
1.3. Телекоммуникации.	51
1.4. Информационные технологии.	64
1.5. Техническая кибернетика.	81
2. Электроэнергетика.	100
2.1. Автоматизация систем электрооборудования.	100
2.2. Эффективность систем электроэнергетики.	104
3. Машиностроение.	113
4. Наземные транспортные средства и транспортно-технологические комплексы.	125
4.1. Конструирование наземных транспортных средств.	125
4.2. Эксплуатация наземных транспортных средств.	135
4.3. Автотракторные двигатели внутреннего сгорания.	180
4.4. Строительные и дорожные машины.	189
5. Морская, авиационная техника и кораблестроение.	197
5.1. Кораблестроение и авиационная техника.	197
5.2. Энергетические установки.	204
5.3. Прочность, надежность и ресурс конструкции.	208
6. Материаловедение, металлургия и заготовительные производства машиностроения.	211
7. Физика ядерных и волновых процессов, технологии установок	239
7.1. Ядерная энергетика.	239
7.2. Физика волновых процессов.	268
8. Философско-методологические проблемы технoзнания.	279
9. Химия, химические технологии и нанотехнологии	292
10. Приборостроение и автоматизация технологических процессов.	298
11. Экономика, менеджмент и инновации.	320
12. Математическое моделирование геофизических процессов.	327
13. Научное общество учащихся.	331
14. Коммерциализация инновационных проектов (УМНИК).	338
Алфавитный указатель.	358

ИСТОРИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ В ЛИЦАХ

УДК 100

КОМИССАРОВ А.В., ПЕЛЕВИНА В.А., МИНУТИН С.А.

ЕВГЕНИЙ ЕВТИХЕЕВИЧ СЕДОВ ВЕТЕРАН ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ

МБОУ СШ №17 им. Арюткина Н.В., г. Заволжье

Я, ученик шестого класса, двенадцатилетний мальчишка, еще застал живых ветеранов Великой Отечественной войны. В городе Заволжье живет Евгений Евтихеевич Седов. Он, по-прежнему, охотно встречается с молодежью (рис. 1). И, конечно, самым запоминающимся событием 2020 года, стала встреча с ним. Об этой встрече я и расскажу.



Рис. 1. Ветеран ВОВ Евгений Евтихеевич Седов с учащимися школ

У нас замечательные ветераны. Мы юное поколение, но прекрасно понимаем друг друга без оценок и сравнений: человек-рассказ-жизнь-понимание. Такого внимания, с каким мы слушали рассказ ветерана о его военной молодости, трудно добиться и строгому учителю. Е.Е. Седов рассказывал о своем детстве, юношестве, на которые пришлись годы войны.

Рассказ он начал с обращения к нашим родителям и педагогам: «Не надо забывать слово «было». Уходят из жизни друзья, меняется череда событий, но все это было. Было смешно и страшно,

была жестокость, но было и милосердие».

Лицом к лицу с войной Евгений Евтихеевич столкнулся в 15 лет. В первый год войны он поступил в Горьковское речное училище и после окончания первого курса был направлен для прохождения практики в г. Сталинград, на волжский речной буксирный пароход «Лев». Практика совпала с наступлением немецко-фашистских войск на Сталинград. Фашисты рвались к берегам Волги. По этой причине юный Евгений пережил самую незабываемую учебную практику в своей жизни, а вместе с ней и все ужасы войны. Никто его не спрашивал, кто он, сколько ему лет. Дали лодку, дали весла и показали направление движения.

Занят он был переправой солдат на лодке под бомбежками и обстрелами немцев. На сталинградский берег солдаты еще помогали грести, а обратно он переправлял тяжелораненых. Ладони мальчишки были стертые до крови. Евгений Евтихеевич обратил наше внимание на то, что у переправщиков не было ни варежек, ни перчаток, ни рукавиц, поэтому мозоли от постоянной гребли были «будь-здоров». Но, глядя на то, что творилось вокруг, на подобную мелочь внимания уже никто не обращал. На всю жизнь запомнилось то, что туда он переправлял еще здоровых, даже веселых, пытавшихся шутить солдат, а оттуда часто в бессознательном состоянии тех же солдат. В течение суток он видел одних и тех же солдат живыми и полумертвыми. Некоторые фамилии Евгений Евтихеевич помнит до сих пор. Так, старшего лейтенанта Червякова в Сталинград он переправлял живым и веселым. Он шутил и помогал грести, а через 16 часов был тяжело ранен.

Евгению Евтихеевичу удалось уцелеть и вернуться из Сталинграда. Вернулся он уже не повзрослевшим, а взрослым и седым. Получив боевой опыт, он сразу же, не дожидаясь совершеннолетия, стал проситься добровольцем на фронт. Из-за высокого роста и крайней худобы его желание было удовлетворено сразу, и с 1943 г. началась его военная морская

биография в рядах ВМФ СССР. Длилась она 8 лет: морские походы в США, участие в военных действиях с Кореей и Японией. Эти события хорошо отражены в литературном сборнике «Вдохновение» № 5 в статье Виктории Родиновой «От Сталинграда до Кореи» и в газете «Новости Заволжья», (2010) г., в статье Валентины Захаровой «Старшина».

Примечательно, но одну из боевых наград Е.Е. Седову вручал лично президент Северной Кореи Ким Ир Сен.

Главным, что старался донести до нас ветеран, была мысль о том, что должна быть ответственность за свою жизнь, за ее нужность родине, семье. Ответственность должна быть такой, чтобы всегда, в любой период жизни не было сожаления об уже прожитых годах, чтобы можно было с гордостью сказать: «Это было и мне не стыдно ни перед кем». Мы это поняли.

Ученики школы подготовили концерт: читали стихи, танцевали военный вальс, пели песни, посвящая их ветерану.

Такого родства душ педагоги и родители не видели давно!

А еще у Евгения Евтихеевича есть сын Александр. Он выпускник нашей школы № 17 и прекрасный поэт. Среди его стихотворений есть и стихи, посвященные отцу.

Выпей вина и, как лист, не дрожи
И не спрашивай день или ночь.
Пусть горят вдалеке фонари,
Мы погибли и нам не помочь.

Я помолчу и ты помолчи
Час, полчаса, полдня.
Я украл тебя у войны до зари,
А с утра начнется война.

На этой войне не будет того,
Кто выбросит белый флаг.
И в плен не возьмет никто никого
Во время кровавых атак.

Я виноват, пусть виноват,
Уже ничего не вернуть.
Придется немного еще подождать,
Чтоб кого-то из нас зачеркнуть.

Ну, вот и шаги, вот и звонок,
Я пошел открывать. Сиди!
Неприятно заныл левый висок,
И сжались в кость кулаки.

Человек и война

Он горел под водой, он горел на воде,
Он горел в облаках и на поле,
Горел наяву, догорая во сне,
Вырываясь из плена на волю.

Затихло... Перед бурей
Всегда ложится тишина,
И ждет весь мир того, что будет,
Но лишь бы только не война.

УДК 100

ПОЖАРСКИЙ А.А., КАШИНА Е.Г., МИНУТИН С.А.

ВЛАДИМИР АЛЕКСАНДРОВИЧ БОГУШ – ВЕТЕРАН ТРУДА

МБОУ СШ №8, г. Заволжье

Мой рассказ об одном из самых достойнейших и известных людях нашего города, его почетном гражданине – Владимире Александровиче Богуше.

Свою трудовую деятельность он начал еще в годы Великой Отечественной войны и продолжает плодотворно трудиться по сей день.

Владимир Александрович родился 7 февраля 1931 г. Его довоенное детство и военная юность прошли в Автозаводском районе города Горького. Немцы часто бомбили автозавод. Одну из таких бомбежек и большой пожар на автозаводе В.А. Богуш запомнил на всю жизнь. Запомнился не только пожар, но и факт восстановления автозаводских цехов в считанные дни. Лозунг «Все для фронта, все для победы» был не пустым звуком и подтверждался ежедневно, ежедневно тем же ратным, хоть и мирным трудом, но под обстрелами и бомбежками.

Ветеран вспоминает, что было очень плохо с продуктами, подростки выживали вместе с родителями. Тем не менее, учеба в школе и кружках дополнительного образования для детей не прекращалась ни на один день. Именно в годы войны Владимир Александрович получил навыки живописца и через всю жизнь пронес творческое отношение к жизни.

Военное, голодное детство привело В.А. Богуша в ремесленное училище № 1 Автозаводского района. Мотив для выбора был очень простым: в училище кормили и давали спецодежду. Так у мальчишки появились первые не рваные штаны. Для военного и послевоенного лихолетья это было очень много: каждый день каша и своя форменная одежда с фуражкой.



**Рис. 1. Ветеран ВОВ
Владимир Александрович Богуш**

Закалка характера, которую В.А. Богуш получил в годы войны, не подводила его никогда. Учебу в ремесленном училище он окончил в 1947 г. и в 16 лет продолжил работу на Горьковском автозаводе в качестве слесаря – инструментальщика. В 17 лет его призвали на военную службу. Служба проходила на Краснознаменном Балтийском флоте, где он был рулевым - мотористом в дивизионе торпедных катеров.

Через пять лет после окончания службы он вернулся на родной Горьковский автомобильный завод.

В 1961 г. В.А. Богуша направляют как специалиста автозавода помогать налаживать работу на вновь создаваемое производство двигателей для ГАЗ Заволжский моторный завод. С 1961 г. жизнь Владимира Александровича связана с городом Заволжье. В качестве заместителя начальника экспериментального цеха по производству через его руки проходили все опытные образцы двигателей.

С 1979 по 1981 гг. В.А. Богуш выполнял интернациональный долг во Вьетнаме, помогая поднимать разрушенное войной народное хозяйство страны.

Свою производственную деятельность В.А. Богуш закончил в 2004 г., но ни дня не провел на пенсии, а сразу начал обучать детей рисованию и резьбе по дереву в Центре внешкольной работы «Ровесник». И с этого же года начинается его активная творческая деятельность. Появляются первые масштабные полотна резьбы по дереву, картины. Работы выставляются сначала в городе Заволжье, а затем в других городах Нижегородской области.

Работы В.А. Богуша – это огромный вклад в воспитание юного поколения. Слова из интервью, которое я взял у В.А. Богуша для написания этой статьи: «В чем заключался «секрет» ускоренной индустриализации России в рамках новой государственной формы Советского Союза? В комплексном подходе и доступном образовании, прежде всего, на детском и юношеском уровне. «Карьерный рост» был вполне понятен и юному ремесленнику, и юному радиолюбителю, и юному судомodelисту, и юному авиамodelисту.

Один из примеров того, как работала образовательная система в области формирования научно-технического мышления школьников, можно привести, взяв за основу группы продленного дня советской эпохи. У каждой школы были помещения в жилых домах для обучающей и досуговой деятельности школьников. В этих помещениях трудились руководители самых разнообразных кружков. Значительная часть руководителей кружков была действующими инженерами и конструкторами. А рядом с ними дети «проникались» основами фотодела, радиодела, судо- и авиамodelирования и т.д.

Владимир Александрович Богуш по-прежнему ведет большую работу с молодежью, а на его творческих выставках мы знакомимся с историей страны и понимаем, что наши ветераны – это достояние и помощники при вхождении во взрослую жизнь.

На рис. 2 – рис. 4 представлены фотографии работ В.А. Богуша, тесно связанных с историей Нижегородской области.



Рис. 2. Максим Горький



Рис. 3. Ростислав Алексеев



Рис. 4. Валерий Чкалов

Библиографический список

1. Сипачев, В.В. О критериях и индикаторах измерения новаций научно-технического прогресса / В.В. Сипачев. - М. : Универсум, 1994.
2. Борисов, В.Г. Практикум значкиста «Юный радиолюбитель» / В.Г. Борисов. - М. : ДОСААФ, 1975.

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ И В МИРЕ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Первой вехой в истории развития атомной энергетики в СССР можно считать учреждение в 1921 г. Радиевой лаборатории (позже - Радиевый институт) при Академии наук, где в 1939 г. Я.Б. Зельдович, Ю.Б. Харитон, А.И. Лейпунский обосновали возможность протекания в уране цепной ядерной реакции деления. А уже в сентябре 1940 г. Президиумом Академии наук СССР была утверждена программа работ по изучению реакций деления урана.

В 40-е годы XX в. история отечественной атомной отрасли получила развитие в результате реализации военного «атомного проекта». 28 сентября 1942 г. было подписано секретное постановление Государственного комитета обороны «Об организации работ по урану». В нем Академии наук СССР предписывалось «возобновить работы по исследованию осуществимости использования атомной энергии путем расщепления ядра урана и представить к 1 апреля 1943 г. доклад о возможности создания урановой бомбы или уранового топлива». 12 апреля 1943 г. была образована Лаборатория измерительных приборов №2 Академии наук СССР (ныне - НИЦ «Курчатовский институт»). Позже ее перевели в Москву и назначили профессора И.В. Курчатова научным руководителем работ по урану.

В СССР во второй половине 40-х годов, еще до окончания работ по созданию первой советской атомной бомбы (ее испытание состоялось 29 августа 1949 г.) ученые приступили к разработке первых проектов мирного использования атомной энергии, генеральным направлением которого стала электроэнергетика. В 1948 году по предложению И. В. Курчатова и в соответствии с заданием ВКП(б) и правительства начались первые работы по практическому применению энергии атома для получения электроэнергии [1].

3 сентября 1948 г. в США впервые удалось запитать электроприборы с помощью электричества, полученного на графитовом реакторе X-10[2]. В мае 1950 г. в городе Обнинске, расположенном в Калужской области, началось строительство Обнинской АЭС. Но все же первая в мире атомная электростанция была создана в 29 км от города Арко (штат Айдахо, США). В том же 1950 г. в США был создан реактор EBR-I (Experimental Breeder Reactor I) недалеко от города Арко. Данный реактор 20 декабря 1951 г. в ходе эксперимента выработал пригодное для использования электричество мощностью 800 Вт. Это историческое событие произошло 20 декабря. Ученым из лаборатории Национальной лаборатории Айдахо удалось зажечь четыре 200-ваттные лампочки при помощи энергии атомного топлива. Спустя несколько дней удалось произвести столько энергии, что ее хватало для всего комплекса, включая и лабораторию. После этого мощность реактора была повышена для обеспечения электроэнергией станции, на которой находился реактор. Это дает право называть данную станцию первой экспериментальной АЭС, но при этом она не была подключена к энергетической сети.

Изначально реактор создавался не для производства электроэнергии, а для демонстрации того, что это возможно. Принцип работы EBR-I был доказан Энрико Ферми. Именно его расчеты и стали поводом для проверки возможности производить электроэнергию при помощи атомного топлива. В результате разработанный ядерный реактор генерировал гораздо больше энергии, чем потреблял.

В 1955 г. первый ядерный реактор EBR-I ввели в эксплуатацию. Тогда вырабатываемой электроэнергии хватало всему городу Арко. Он продолжал работать до 1964 г., когда было принято решение о замене на EBR-II. Сразу после замены ядерный реактор EBR-I был объявлен национальной исторической достопримечательностью.

Следует отметить, реактор EBR-I являлся реактором на быстрых нейтронах и использовал в качестве теплоносителя эвтектический сплав Na - K. Но разработка реактора любого типа состоит обычно из четырех этапов:

Первый - создание критических сборок и реакторов нулевой мощности (т. е. без специального охлаждения) для получения сведений относительно физики реакторов статических условиях и его динамики при низких уровнях мощности.

Второй - строится экспериментальный энергетический реактор, на котором в реальном масштабе исследуются различные инженерные проблемы. Среди них главной является отработка топливныхборок для аппарата следующего этапа.

Третий - создание прототипа энергетического реактора. В процессе исследований на этой стадии нужно найти способы обеспечения экономичной работы реактора. Достигнуть стоимости энергии, не превышающей стоимости других систем, или хотя бы показать возможность этого в условиях крупномасштабной энергетической установки - задача четвертого этапа [2].

Можно заметить, что на заре атомной эры во главу угла ставился эксперимент, так как было недостаточно данных для построения математической модели надлежавшей точности. Так, создатель первого реактора Энрико Ферми 22 октября 1934 г. сделал фундаментальное открытие, связанное с изменением микроскопически сечений взаимодействия в зависимости от энергии бомбардирующих частиц, благодаря эксперименту. Поместив между источником нейтронов и активируемым серебряным цилиндром парафиновый клин, Ферми заметил, что клин не уменьшает активность серебра, а увеличивает ее. Ферми сделал вывод, что этот эффект обусловлен наличием водорода в парафине, и решил проверить, как будет влиять на активность большое количество водородсодержащих элементов. Проведя опыт сначала с парафином, затем с водой, Ферми констатировал увеличение активности в сотни раз. Опыты Ферми обнаружили огромную эффективность медленных нейтронов.

В СССР теоретические и экспериментальные исследования особенностей пуска, работы и контроля реакторов были проведены группой физиков и инженеров под руководством академика И. В. Курчатова. Первый советский реактор Ф-1 выведен в критическое состояние 25 декабря 1946 г. Реактор Ф-1 набран из графитовых блоков и имеет форму шара диаметром примерно 7,5 м. В центральной части шара диаметром 6 м по отверстиям в графитовых блоках размещены урановые стержни. Результаты исследований на реакторе Ф-1 стали основой проектов более сложных по конструкции промышленных реакторов. В 1949 г. введен в действие реактор по производству плутония, а 27 июня 1954 г. вступила в строй первая в мире атомная электростанция электрической мощностью 5 МВт в г. Обнинске. Она стала первой в мире атомной электростанцией, подключенной к общей электрической сети, хотя и производила электричество не в промышленных масштабах.

На создание стратегического технического объекта ушло всего четыре года. Все расчеты тогда велись на бумаге, логарифмических линейках. Физический пуск станции состоялся 9 мая 1954 г. - реактор был запущен на «нулевую» мощность, и специалисты проверили его физические характеристики. А уже 26 июня состоялся энергетический пуск, утром следующего дня станция начала подавать электроэнергию в сеть «Мосэнерго».

Площадь АЭС около 5 тыс. квадратных метров. Сама станция представляет собой трехэтажное здание, реактор расположен в шахте глубиной 17,5 м.

Мощность станции не играла серьезной роли в энергообеспечении системы «Мосэнерго» (мощность Курской АЭС сегодня равна 4 тыс. МВт), но сам факт пуска первой атомной станции имел стратегическое значение. Обнинская АЭС многие годы оставалась уникальной экспериментальной базой для новейших разработок, применяемых на воде, земле и в космосе.

После этого события советская атомная энергетика начала активно развиваться. В 1958 г. была введена в эксплуатацию первая очередь Сибирской АЭС мощностью 100 МВт, впоследствии полная проектная мощность была доведена до 600 МВт. В том же году развернулось строительство Белоярской промышленной АЭС, а 26 апреля 1964 г. генератор первой

очереди дал ток потребителям. В сентябре 1964 г. был пущен первый блок Нововоронежской АЭС мощностью 210 МВт, второй блок мощностью 365 МВт запущен в декабре 1969 г. В 1973 г. запущен первый блок Ленинградской АЭС.

За пределами СССР первая АЭС промышленного назначения мощностью 46 МВт была введена в эксплуатацию в 1956 г. в Колдер-Холле (Великобритания). Через год в США вступила в строй АЭС Шиппингпорт мощностью 60 МВт. В 1959 г. свою первую АЭС запустила Франция, 1961 г. — Германия, 1962 г. — Канада, 1964 г. — Швеция, 1966 г. — Япония. В 1976 г. начались строительные работы на рекордном за всю историю атомной энергетики числе новых реакторов — 44 единицы.

Библиографический список

1. **Кузнецова, Р. В.** Курчатов / Р. В. Кузнецова, В. В. Эрлихман – М. : Молодая гвардия, 2017.
2. **Палмер, Р.** Реакторы на быстрых нейтронах / Р. Палмер, А. Платт – М. : Атомиздат, 1963.

УДК 621.31

АНЧИХРОВА А.А., СВЕРДЛОВ Р.В.

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН В ЦИФРОВОЙ КОД

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

При использовании преобразования в цифровых автоматического управления аналоговых цепях необходимо применять оцифровку сигналов. Одним из распространенных способов является преобразование сигнала в частоту через интегратор, вход которого соединен с выходом генератора и транзистора, управляемого компаратором. Недостаток способа - высокий уровень температурной погрешности из-за влияния температуры на входные каскады интегратора.

Повышения точности преобразования можно достичь введением цепочки из последовательно соединенных двухпозиционных ключей. Коммутируемый вход первого ключа через входной резистор подключен к входной шине устройства, вход каждого последующего ключа соединен с обоими входами предыдущего ключа, оба выхода последнего ключа соединены с первым входом интегратора, управляющие входы всех ключей соединены с общей шиной устройства.

Схематично устройство преобразователя показано на рис. 1.

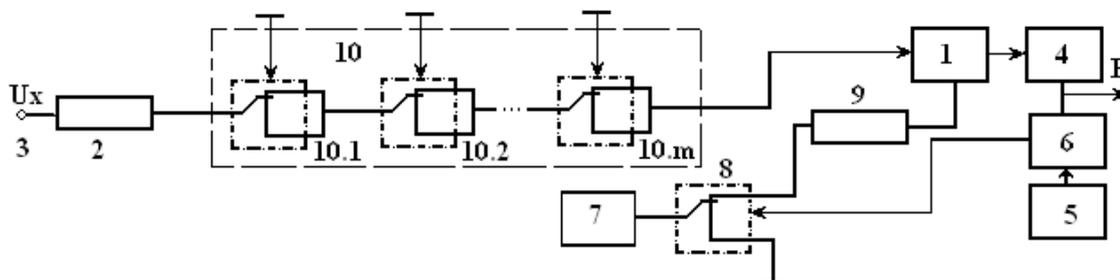


Рис. 1. Устройство преобразователя напряжение-частота

Входное напряжение через входной резистор 2 открывает ключи m и постоянно поступает на первый вход интегратора 1. На второй вход интегратора периодически (период зависит от входного напряжения) поступает опорное напряжение от источника 7 через открытый ключ 8 и резистор 9 обратной связи. Ключ 8 открыт в течение времени τ_z , сформированного формирователем импульсов 6 из частоты кварцевого генератора 5. В это время

происходит заряд конденсатора интегратора I под действием разности токов, вызванных напряжениями U_x , U_0 до некоторого уровня U_4 . После отключения источника опорного напряжения ключ δ замыкает выход источника опорного напряжения 7 на общую шину электропитания, и конденсатор интегратора I разряжается под действием U_x до 0 . Компаратор 4 при переходе входного напряжения через ноль меняет свое состояние и запускает формирователь импульсов 6 , который открывает ключ δ для прохождения напряжения U_0 на вход интегратора I . Далее вновь начинается процесс зарядки. Функция преобразования системы не зависит от температуры. Таким образом, применение данного преобразователя позволит снизить температурную погрешность и обеспечить более высокую точность преобразования.

Библиографический список

1. Шахов, Э.К. Современные тенденции в развитии интегрирующих АЦП // Датчики и системы. — 2005. — №9.
2. Айфичер, Э. Цифровая обработка сигналов. Практический подход / Э. Айфичер, Б. Джервис : [пер. с англ.] — М. : Вильямс, 2004.

УДК 621.31

БАРАНОВ Н.М.

ПОДАВЛЕНИЕ ПОМЕХ В ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТРАКТАХ

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

Фильтрация сигналов с целью подавления помех — одна из наиболее важных составляющих при измерении аналоговых сигналов низкого уровня с различных датчиков — тензометрических мостов, термопар, терморезисторов.

В измерительных устройствах широко применяются высокоточные $\Sigma\Delta$ -АЦП [1], одним из составляющих узлов которого является выходной цифровой фильтр-дециматор, эффективно подавляющий продольные помехи, а также шум квантования, помехи, неинформативные составляющие сигнала и формирующий многоразрядный выходной код. В качестве весовой функции (ВФ) фильтра используют усредняющие окна, как правило, имеющие амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) типа sinc^n . Но, как известно, существуют усредняющие окна и других типов.

По этой причине актуальна задача проведения комплексного исследования применения усредняющих окон в цифровых фильтрах измерительных каналов, что требует решения задач:

- исследования окон с позиций подавления сетевых помех;
- исследования низкочастотных погрешностей фильтров на основе окон с учетом их быстродействия;
- моделирования работы КИХ-фильтра, реализующего ВФ усредняющих окон;
- исследования влияния погрешности квантования на эффективность помехоподавления.

Для подавления помех на более высоком уровне нужно применять более сложные функции. Это возможно при использовании цифровых фильтров в составе измерительных устройств, например, в $\Sigma\Delta$ -АЦП. В данном типе АЦП ВФ фильтров реализуются в цифровом виде, что и позволяет реализовывать сложные ВФ — усредняющие окна. Поэтому актуальна задача исследования использования усредняющих окон разных типов для подавления помех и их сравнительный анализ по комплексу наиболее значимых параметров.

Для выявления наиболее удачных решений необходимо провести следующие исследования:

- теоретическое исследование усредняющих окон разных типов для подавления сетевой помехи – одной помехи 50 Гц и двух помех 50 и 60 Гц;
- расчетное моделирование работы цифрового КИХ-фильтра, реализующего ВФ эффективных усредняющих окон, с целью подтверждения результатов теоретического исследования;
- рассматривать влияние погрешности квантования на задание весовых коэффициентов на эффективность помехоподавления.

В ходе моделирования КИХ-фильтра, реализующего ВФ данных усредняющих окон, были подтверждены результаты теоретического исследования параметров усредняющих.

Проанализирована устойчивость усредняющих окон к погрешности квантования окна. Наиболее устойчивое окно плосковершинное, наименее устойчивые окна Парзена и Кайзера.

По результатам всех трех исследований выявлены наиболее удачные решения. Для подавления двух помех наилучшим образом подходит плосковершинное окно, для подавления одной помехи – sinc³ и Блэкмана-Хэрриса.

Библиографический список

1. Шахов, Э.К. ΣΔ-АЦП: цифровая фильтрация и децимация // Датчики и системы. – 2007. – №2. – С. 44-50.
2. Гутников, В.С. Фильтрация измерительных сигналов / В.С. Гутников. – Л. : Энергоатомиздат (Ленингр. Отделение), 1990.

УДК 681.2

БУСАРОВ Н.В.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АНАЛОГОВЫХ ФИЛЬТРОВ РАЗЛИЧНЫХ ПОРЯДКОВ В EXCEL

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

В докладе рассмотрен метод моделирования частотных характеристик (ЧХ) аналоговых фильтров различных типов и порядков в программе для работы с электронными таблицами Microsoft Excel. Потребность в построении заданных ЧХ возникает как при проектировании фильтров, так и при исследовании свойств спроектированных или уже выполненных устройств.

В основе предлагаемого метода лежит известная формула для передаточной функции или операторной функции передачи аналогового фильтра, представляющая собой отношение изображений по Лапласу входного и выходного напряжений:

$$W(s) = \frac{U_2(s)}{U_1(s)}.$$

Метод осуществляется посредством выполнения следующих пунктов:

- согласно заданной схеме фильтра определяется передаточная функция;
- в соответствующие ячейки записываются наименования и номиналы электрорадиоэлементов (ЭРЭ);
- заносятся формулы для расчета коэффициентов передаточной характеристики;
- задается порядок фильтра и диапазон частот.

Далее по заданным параметрам происходит построение амплитудно-частотной и фазо-частотной характеристик в соответствии со следующими формулами:

$$A = k \sqrt{\frac{u_1^2 + v_1^2}{u_2^2 + v_2^2}}, \quad \varphi = \arctg \frac{v_1 u_2 + v_2 u_1}{u_1 u_2 + v_1 v_2},$$

где u_1, u_2, v_1 и v_2 – полиномы от ω .

Меняя номиналы компонентов, можно добиваться реализации требуемой ЧХ. На рис. 1 представлены результаты моделирования ЧХ ФНЧ второго порядка.

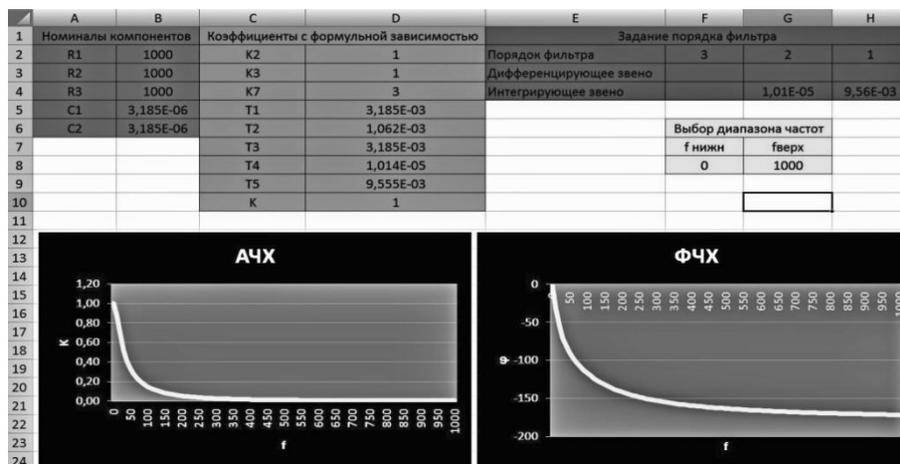


Рис. 1. Моделирование ФНЧ второго порядка

УДК 621.396.969.11

ЕРОШИН А.С., БУРОВ В.Н.

СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ПОДХОДОВ К ОЦЕНИВАНИЮ СКОРОСТИ В АВТОМОБИЛЬНОМ РАДАРЕ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Автомобильный радар – важное звено активных систем помощи водителю, таких как ADAS (Advanced Driver Assistance System) или самоуправляемый автомобиль. Одной из основных задач, решаемых в автомобильной радиолокации, является повышение точности измерения скорости движущихся впереди автомобилей.

В связи с естественным стремлением к понижению стоимости радара целесообразно исследовать возможности использования в нем таких зондирующих сигналов, которые не требуют применения высокопроизводительных систем для обработки. С этой точки зрения интересен непрерывный зондирующий сигнал с изменением частоты по кусочно-линейному закону, при котором период перестройки частоты превышает время накопления сигнала, что позволяет снизить частоту дискретизации обработки [1]. Однако по сравнению с использованием быстрой перестройки частоты при данном подходе имеется проблема в том, что для получения несмещенной оценки расстояния до объекта и его радиальной скорости необходимо использовать измерения частот из зон нарастания и спада ЛЧМ, что затруднительно при большом числе объектов, и возрастает вероятность появления ложных целей из-за формирования некорректных пар отметок.

Решение данной проблемы в использовании методов непосредственной фильтрации измерений только из одной зоны (например, из зоны нарастания частоты). Для получения оценок радиальной скорости предполагается сначала оценивать наклон группы последовательно привязанных отметок частоты, который примерно пропорционален радиальной скорости, а затем корректировать исходные измерения, учитывая скоростную поправку.

Целью данной статьи является сравнение точности оценивания скорости, получаемой с помощью двух зон, и с помощью предлагаемого алгоритма оценивания наклона.

Уравнения, описывающие способ оценивания дальности и скорости по двум зонам,

$$R = \frac{cT_{\text{пер}}(f_1 - f_2)}{4\Delta f} \quad v_R = \frac{c(f_1 + f_2)}{4f_0}, \quad (1)$$

где $T_{\text{пер}}$ – период перестройки частоты, с; Δf – ширина спектра сигнала, Гц; c – скорость света в вакууме, равная $2,997 \cdot 10^8$ м/с; f_0 – несущая частота сигнала, Гц.

На рис. 1 приведены результаты математического моделирования в среде MATLAB, где кривая 1 соответствует оценке радиальной скорости по формуле (1), а кривая 2 предложенному алгоритму. Интервалы усреднения одинаковые для обоих способов. Косвенное оценивание скорости по одной зоне ЛЧМ обеспечивает худшую точность, чем по формуле (1), но при большем числе целей данный способ оправдан.

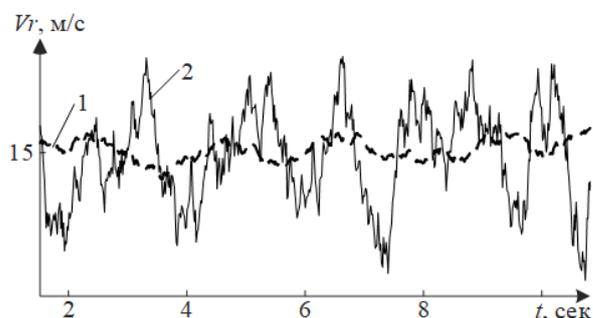


Рис. 1. Оценка радиальной скорости

1. **Macaveiu, C.** A method for building the range-Doppler map for multiple automotive radar targets / C. Macaveiu [et al.] // 11th International Symposium on Electronics and Telecommunications (ISETC). – Timisoara, 2014. – P. 1-6.

УДК 623.1

ЗАМОТАЕВ Д.А.

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО КОРРЕКТОРА С ПУЛЬТОМ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ГАЗОАНАЛИЗИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ

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

Актуальность разработки электронного корректора с пультом управления для счетчика газа заключается в том, что данная разработка ведет к повышению эффективности и безопасности работы сотрудников, занимающихся настройкой и эксплуатацией газоанализирующих устройств.

Основное назначение прибора - своевременное выявление в воздухе дозрывоопасных концентраций веществ и информирование об этом производственного персонала. Существенную роль при этом играет скорость и точность определения, что позволяет принять правильное решение и обеспечить безопасность людей и производства.

Газоанализаторы ориентированы на измерение дозрывных концентраций смесей предельных углеводородов (метан, бутан и т.п), а также концентраций сероводорода в пределах норм предельно допустимых концентраций для промзон.

Структурная схема газоанализатора представлена на рис. 1, она состоит из блока индикации и сигнализации (БИС) и автономного пульта управления с использованием автономной калибровки.

Контроллер, работающий по некоторому алгоритму, измеряет концентрацию газов, поступающих по измерительным входам с датчика, проводит проверку результатов измерения на соответствие заданным параметрам, осуществляет предупреждение об аварии.

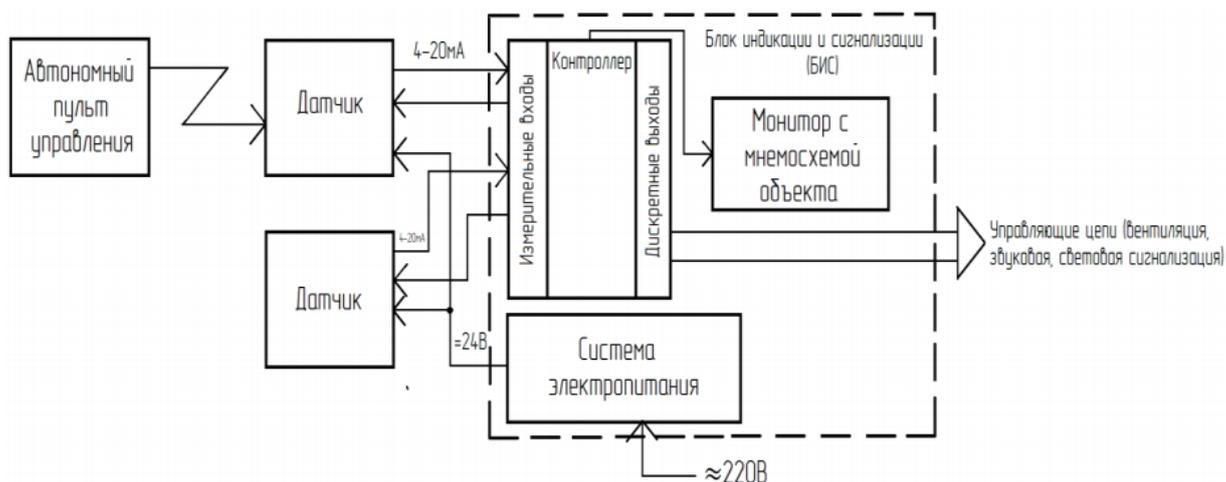


Рис. 1. Структурная схема газоанализатора

Монитор с мнемосхемой объекта отображает информацию о процессах, происходящих в данный момент времени, о структуре и характере этих процессов, о текущем статусе системы, в частности, об авариях и нарушениях.

Автономный пульт управления служит для калибровки нуля сенсора и чувствительности сенсора, проверки реле, отображения температуры, калибровки тока, установки концентрации поверочной газовой смеси и редактирования параметров.

Главным преимуществом разработанного изделия является возможность дистанционного управления газоанализатором, что соответствует требованиям ТР ТС 012/2011 «О безопасности оборудования во взрывоопасных средах».

УДК 004.318

МАЙОРОВ А.В., КОЗЛОВ С.А.

ВЫБОР МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ВОДОРОДНОГО СТАНДАРТА ЧАСТОТЫ И ВРЕМЕНИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время точность измерений играет важную роль в настройке и контроле измерительного оборудования. Этот интерес обусловлен широким применением высокостабильных источников частоты в самых различных областях науки и техники.

Стандарт частоты и времени водородный — высокостабильный по частоте источник электромагнитных сигналов (радиодиапазона или оптических). Стандарты частоты используются в качестве вторичных или рабочих эталонов в метрологических измерениях, а также при производстве высокоточных средств измерений частоты и времени, в радионавигации, радиоастрономии и в других сферах.

Прибор предназначен для применения в службах времени, время - частотных измерительных системах, эталонных комплексах времени и частоты, радионавигационных системах, радиоинтерферометрах со сверхдлинной базой.

Целью исследования является поиск возможных вариантов повышения гибкости управления стандартом частоты при его применении в разных областях за счет применения цифровой системы управления стандартом на основе микроконтроллера.

В настоящее время микроконтроллеры настолько распространены и доступны, что их обычно используют вместо простых логических схем на основе дискретных компонентов, что позволяет достигнуть гибкости проектирования и сократить площадь, занимаемую на

печатной плате. [1] Схемы многих машин и роботов включают в себя огромное количество микроконтроллеров, каждый из которых позволяет решить определенную задачу.

Для реализации поставленной задачи необходим контроллер с низким энергопотреблением, поскольку в условиях бесперебойной работы важна каждая сэкономленная единица энергии. Стоимость выбора того или иного контроллера определяет стоимость разработки, поэтому необходимо устройство с наименьшей ценой.

Микроконтроллеры компании STM одни из самых распространенных на рынке электроники. Они имеют наименьшее потребление энергии и цену в сравнении с другими микроконтроллерами, что позволяет сократить расходы на разработку и эксплуатацию прибора. Для работы с этими контроллерами существует огромный выбор сред разработки, в том числе собственная бесплатная система, обеспечивающая удобную отладку. Для разработки есть все необходимые библиотеки [2].

Одна из важнейших причин выбора семейства STM32 — максимальный комфорт при разработке. Универсальность ядра STM32 позволяет менять модули с минимальными затратами на программный код, то «pin-to-pin совместимость» внутри семейства STM32 позволяет менять объем памяти (флэш-память и ОЗУ) и периферию (Ethernet, USB, CAN, и т.д.), не затрагивая печатную плату. «Pin-to-pin совместимость» означает, что для одного размера корпуса все сигналы сохраняются на тех же самых вводах/выводах для разных вариантов микроконтроллеров семейства.

Библиографический список

1. **Белов, А.В.** Конструирование устройств на микроконтроллерах, издательство / А.В. Белов. – СПб., 2005 – 127 с.
2. **Brown, G.** Discovering the STM32 Microcontroller / G. Brown. – Manchester, 2012. – 244 с.

УДК 621.31

КУЛЕМИН П.Ю.

РАЗРАБОТКА ИЗМЕРИТЕЛЯ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ

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

Для питания широкого класса устройств от промышленного оборудования до вычислительной техники в настоящее время используются импульсные источники питания (ИИП). Одна из специфических проблем ИИП – проблема коэффициента мощности.

Коэффициент мощности равен отношению потребляемой электроприемником активной мощности к полной мощности [1]. Отклонение активной мощности от полной объясняется наличием в потребляемом токе реактивной составляющей, обусловленной индуктивностями и емкостями в схеме ИИП и/или искажением формы синусоидального тока из-за нелинейных элементов (выпрямители).

Широко распространено измерение коэффициента мощности, основанное на понятии $\cos \varphi$ [2]. Но этот метод применим только к синусоидальным сигналам – напряжению и току. В случае импульсных источников питания потребляемый ток имеет сложную форму, в его спектре присутствует множество гармоник частоты сети. Поэтому при разработке измерительной аппаратуры возникает необходимость выбора и реализации метода, позволяющего определять все составляющие потребляемой мощности – полную, активную и реактивную.

Таким методом может служить применение теоремы Парсеваля, связывающей представление мощности сигнала во временной и частотной областях:

$$\frac{1}{N} \sum_{i=0}^N x_i^2 = \sum_{k=0}^{N-1} |X_k|^2,$$

где x_i – i -й отсчет сигнала; X_k – k -я спектральная составляющая.

Представив выражение спектральной составляющей в тригонометрической форме, получаем $|X_k|^2 = \text{Re}_k^2 + \text{Im}_k^2$, где Re_k – амплитуда действительной (активной) составляющей, Im_k – амплитуда мнимой (реактивной составляющей).

Для измерения коэффициента мощности несинусоидального тока разрабатывается прибор на основе микроконтроллера, измеряющий напряжение и ток в сети, питающей потребителя, вычисляющий дискретное преобразование Фурье (ДПФ) тока и на основании этих данных – коэффициент мощности в сети.

Как известно, для получения «чистого» спектра интервал наблюдения сигнала должен быть кратным периоду сигнала T . Однако частота сети, как правило, отличается от точной величины 50 Гц и заранее не известна.

В связи с этим измерение производится в несколько этапов:

- непрерывно измеряется напряжение сети и определяются две ближайшие нулевые точки. Этот интервал равен $T/2$. Середина интервала t_0 – нулевая фаза напряжения;
- начиная с момента $t_0+mT/2$ ($m=1, 2, \dots$) на интервале T накапливается массив отсчетов сигнала, по которому вычисляется ДПФ и полная мощность сигнала;
- по мнимой части ДПФ и полной мощности вычисляется коэффициент мощности в сети.

Библиографический список

1. Коэффициент мощности [Электронный ресурс] : URL : <https://ru.wikipedia.org/wiki/Коэффициент>
2. Балабан, О.М. Проблема измерения реактивной мощности несинусоидальных сигналов в системах электроснабжения / О.М. Балабан [и др.] // Надежность и качество : труды Междунар. симпозиума: 2017. Т. 2. – С.128-132.

УДК 621.3

КУЛИКОВ И.Ю.

ОСОБЕННОСТИ ИМПУЛЬСНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ И РЕШЕНИЕ ВОПРОСОВ ИХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ

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

Импульсные источники питания (ИИП) получили широкое распространение благодаря высокой экономичности при небольших массогабаритных характеристиках. При всех плюсах ИИП они имеют ряд особенностей, которые нужно учитывать при проектировании. Наиболее рельефно это проявляется у ИИП высокой мощности (от 400 Вт - 10 кВт). К их особенностям относятся:

- высокая частота преобразования $f_{\text{пр}}$: варьируется от 20 кГц до 200 кГц и выше;
- большие токи в штатных и аварийных режимах при включении и выключении
- использование мощных, высоковольтных транзисторов;
- для защиты силовых элементов и внешней нагрузки необходимо обеспечить надежность всех компонентов при высоком быстродействии;
- вопросы электромагнитной совместимости как для внутренних устройств управления, так и для внешних контактов источника.

Для ИИП наиболее остро стоят вопросы электромагнитной совместимости (ЭМС), поскольку они подвержены воздействию разных электромагнитных помех. Источниками помех могут служить сеть электропитания, высокочастотные магнитные поля, да и сам ИИП может являться генератором электромагнитных помех. Также следует учитывать, что он состоит из модулей, работающих в разных частотных диапазонах, с разными требованиями к чувствительности, точности и т.д.

В решении вопросов ЭМС можно выделить три направления: подавление помех со стороны сети электропитания, собственных помех и кондуктивных помех.

1. *Электромагнитные воздействия сети электропитания.* В первую очередь, для устранения провалов напряжения применяются схемы ИИП с универсальным входом. Диапазон сетевого напряжения таких преобразователей 80-265 В 47-63 Гц. Также ИИП высокой мощности обязательно имеют схему с активным корректором коэффициента мощности (ККМ). Использование высокоэффективного сетевого фильтра с варисторами на входе подавляет высокочастотные и импульсные помехи, радиопомехи.

Для исключения излучаемых помех необходимо использовать экранированный кожух (корпус), иметь заземление, а также свести к минимуму площади контуров с высоким индуктивным сопротивлением.

2. *Собственные помехи.* Их снижению поможет оптимальная компоновка узлов для минимизации влияния друг на друга. Необходимо использовать качественные компоненты в преобразователе напряжения и ККМ: быстродействующие транзисторы (МОП или MOSFET, IGBT), быстродействующие диоды (диоды Шоттки), мощные стабилитроны.

Уменьшение индуктивности рассеяния и паразитной емкости между обмотками трансформатора до минимальных значений снизит воздействие помех излучения. В последнем случае применяется экранирование силовых индуктивных компонентов.

3. *Помехи на выходе ИИП (кондуктивные помехи).* Для снижения импульсных помех можно использовать демпферы для шунтирования силовых диодов, диоды Шоттки (быстрые и сверхбыстрые диоды). Также необходимо шунтировать электролитические конденсаторы керамическими, использовать проходные конденсаторы на выходе. Высокочастотные и радиопомехи можно снизить с помощью конденсаторов с низким импедансом на высоких частотах.

УДК 621.372.832.8

МИХАЛИЦЫН Е.А., БОРОДИН В. Н., СОРОКИН А.В.

ПРОГРЕСС В ПРОЕКТИРОВАНИИ ЦИРКУЛЯТОРОВ НА СОСРЕДОТОЧЕННЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

Филиал ФГУП РЯЦ ВНИИЭФ «НИИИС им. Ю.Е. Седакова»

Ферритовые циркуляторы служат неотъемлемыми компонентами гражданских и военных СВЧ систем, начиная с их появления в 50-х годах XX в. Основная задача циркулятора состоит в защите источника радиосигнала высокой мощности от отражений в СВЧ тракте, обеспечении стабильности генераторов сигналов от влияния изменяющейся во времени нагрузки и в развязке передатчика, приемника и антенны в радарных системах.

Функционально циркулятор – ферритовое невзаимное согласованное устройство: сигнал со входного порта 1 полностью поступает на выход 2 и не поступает в развязанный порт 3. При этом справедлив принцип перестановочной двойственности портов. Невзаимность обеспечивается особыми свойствами ферритовых материалов на СВЧ частотах во внешнем постоянном магнитном поле. Изменение направления подмагничивания ферритового элемента меняет направление циркуляции на противоположное.

В силу исключительной роли ферритовых циркуляторов при построении приемопередающих СВЧ модулей интерес к ним у инженеров и исследователей всего мира, несмотря на значительные успехи в развитии методов их проектирования, не угасает и, по-видимому, останется таковым еще долгое время.

В метровом и дециметровом диапазонах длин волн минимальные массогабаритные характеристики свойственны циркуляторам на сосредоточенных элементах. Вообще говоря, это гибридные устройства, совмещающее в себе сосредоточенные реактивные элементы,

распределенные трансформирующие линии, функциональный ферритовый элемент – один или два плоских феррита с тригонально симметричной системой электромагнитного возбуждения и системой магнитостатического намагничивания. Конструктивные особенности ферритового Y-разветвления таковы, что для циркуляторов могут быть заданы эквивалентные схемы на сосредоточенных элементах.

В технической литературе известны методы проектирования узко- и широкополосных циркуляторов на сосредоточенных элементах, а также циркуляторов с изменением направления циркуляции [1]. При этом можно выделить два основных подхода к расчету таких устройств: метод собственных возбуждений, основанный на построении схем собственных двухполюсников, и матричный метод анализа циркуляторов. Второй подход получил наибольшее развитие за последние 5-7 лет для задач проектирования широкополосных модулей [2, 3].

В докладе представлен обзор последних мировых достижений в области проектирования циркуляторов на сосредоточенных элементах. Приводятся результаты анализа широкополосных циркуляторов с применением прогрессивных методов расчета.

Библиографический список

1. **Сорокин, А.В.** Проектирование малогабаритных ферритовых развязывающих устройств на сосредоточенных элементах / Дисс. ... канд. техн. наук – Нижний Новгород, 2014. – С. 293.
2. **Dong, H.** Broad-band and High-isolation performance of a Lumped-element circulator: theory and experiment / A Dissertation Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy. 2014. P. – 118.
3. **Sahasrabudhe, M.** Design of Wideband Lumped Element Circulator / M. Sahasrabudhe [et al.] // Progress In Electromagnetics Research Symposium. –St Petersburg: Spring (PIERS), 2017.

УДК 681.3

МОРОЗОВ А.О., РЯЗАНОВ А.В.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИСПЫТАТЕЛЯ СТАБИЛИТРОНОВ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В БЫТУ

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

В современном мире любого радиолюбителя трудно представить без каких-либо электрических приборов и радиоэлементов. И почти у каждого со временем накапливается большое количество радиоэлементов еще годных, однако с нечеткой или же мало понятной маркировкой. Например, такими радиоэлементами могут быть стабилитроны. Без прибора, позволяющего точно определить напряжение стабилизации, можно ошибиться при выборе необходимого стабилитрона даже в пределах одной серии. Например, у стабилитронов серии Д814 с одними и теми же индексами разброс напряжения стабилизации достигает величин более 1 В. Поэтому рассматриваемый прибор необходим.

В информационной сети имеется множество всевозможных разработок на эту тему от самых простейших (например, тестера, являющегося приставкой к мультиметру) до более сложных приборов, способных работать самостоятельно и проверять несколько видов радиоэлементов («Прибор-тестер электронных компонентов», патент на который принадлежит ООО «Газпром трансгаз Ухта»). Прибор-тестер состоит из платы, на которой установлено три модуля, имеющих общую цепь электропитания. Каждый модуль используется для проверки определенных радиоэлементов: стабилитронов, регулируемых стабилитронов и оптронов. Для каждого тестируемого элемента предусмотрен контактный разъем. Тестирование каждого элемента выполняется отдельно подключением к соответствующему разъему. Результат проверки исправности элемента выводится на светодиод и цифровой вольтметр[1]. Недостаток такого прибора-тестера – это необходимость подстраивать источник питания для

проверки стабилитронов с разным напряжением стабилизации. Кроме того, надо точно знать полярность стабилитрона, что не всегда возможно из-за отсутствия четкой маркировки на стабилитроне.

Разрабатываемый нами тестер не нуждается в каких-либо дополнительных устройствах, имеет более удобный способ вывода результата проверки. Он создается на базе микроконтроллеров PIC16F876A и PIC16F876A-I/SO. Благодаря микроконтроллеру PIC16F876A-I/SO (DD1), контролирующему работу прибора, данные о процессе проверки радиоэлемента для удобства пользователя выводятся на ЖК-индикатор M269 (HG1). А микроконтроллер PIC16F876A позволяет определять полярность и напряжение стабилизации стабилитрона, что дает возможность не задумываться о правильном подключении радиоэлемента к устройству. Максимальное напряжение в 50 В позволяет произвести проверку самых ходовых стабилитронов. Чтобы проверять стабилитроны разной мощности, была реализована возможность проводить измерения при различных значениях тока (1, 2, 5, 10, 20 мА).

УДК 621.31

ПИВКИН А.С.

МИНИМИЗАЦИЯ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ГРАДИЕНТА И РАЗБАЛАНСА ТОКОВ НА СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ДРЕЙФ ГЕНЕРАТОРА

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

Целью исследования является оценка влияния температурного градиента и разбаланса токов на систематический дрейф генератора.

Для исследования были взяты несколько лазерных одноосных генераторов с устройством нагрева каждого плеча генератора (производятся ПАО АНПП «Темп-Авиа»).

Проведены съемы данных при нормальных климатических условиях. Ток накачки каждого из плеч задан по 0,5 мА. Осуществлены съемы данных: съем без включения устройства нагрева и без разбаланса токов; с включенным устройством нагрева и без разбаланса токов; без включения устройства нагрева и с разбалансом тока одного из плеч.

Получены следующие значения параметров:

- изменение систематического дрейфа при включении устройства нагрева на аноде левого плеча 0,674 град./ч;
- изменение систематического дрейфа при разбалансе тока левого плеча 0,956 град./ч;
- изменение систематического дрейфа при разбалансе тока правого плеча 1,007 град./ч.

Разбаланс токов производился уменьшением измерительного резистора в стабилизаторе токов и составлял 75 мкА.

По результатам исследования проведены работы по минимизации влияния температурного градиента и разбаланса токов на систематический дрейф генератора. Были изготовлены несколько генераторов с новой оптической схемой в части увеличения диаметра активных каналов и переноса диафрагмы в прикатодную зону контура.

Проведены исследования новых генераторов в объеме первого исследования. Получены следующие значения: изменение систематического дрейфа при разбалансе тока левого плеча -0,282 град./ч, изменение систематического дрейфа при разбалансе тока правого плеча составляет 0,264 град./ч, изменение систематического дрейфа при включении устройства нагрева на аноде левого плеча составляет 0,040 град./ч.

По результатам исследований сделаны следующие выводы:

- несимметричный разогрев моноблока генератора, с измененной оптической схемой в части увеличения диаметра активных каналов и переноса диафрагмы в прикатод-

- ную зону контура, практически не оказывает влияния на изменение систематического дрейфа (не более 0,074 град./ч в сравнении 1 град./ч на базовой схеме);
- разбаланс токов на 10% в плечах генератора оказывает изменение систематического дрейфа не более 0,29 град./ч, что в два раза меньше по сравнению с базовой схемой (0,6 град./ч).

УДК 621.396.965.21

ПИРОГОВА К.Д.

СПОСОБ ПОСТРОЕНИЯ ФАЗИРОВАННОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ АВТОМОБИЛЬНОГО РАДАРА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Современные автомобили все чаще оснащаются активными системами помощи водителю, способными в зависимости от окружающей автомобиль дорожной ситуации оказывать управляющее воздействие на системы управления двигателем, тормозами, рулевым управлением. Поэтому в литературе получило широкое распространение их название Adaptive Driver Assistance Systems (ADAS). Одним из основных сенсоров, входящих в ADAS и обеспечивающих решение задачи оценивания обстановки перед автомобилем, являются радары.

В качестве антенны автомобильного радара в большинстве случаев используется антенная решетка (АР). Дальность обнаружения целей определяется коэффициентом усиления антенны, ширина сектора обзора – возможностями управления положением луча при сохранении низкого уровня боковых лепестков, разрешающая способность по угловой координате (азимуту) и точность его измерения – от ширины луча диаграммы направленности (ДН). Для удовлетворения всем этим требованиям удобнее всего использовать концепцию фазированной антенной решетки с цифровым управлением лучом, причем число передающих и приемных каналов должно быть достаточно большим, поскольку коэффициент усиления АР определяется ее эффективной апертурой [1]. Вместе с тем, стоимость конструкции автомобильного радара должна быть приемлемой. Исходя из этих соображений, число каналов АР необходимо уменьшать до минимально возможного, поскольку оно напрямую влияет на стоимость радара.

Известным способом минимизации числа каналов АР является использование технологии ММО (Multipleinput – multipleoutput). Один из недостатков ММО решетки – ее приемная (или передающая) антенна является разреженной решеткой. Это приводит к наличию энергетических потерь по сравнению со случаем «заполненной» решетки.

В данной работе рассматривается способ построения АР автомобильного радара, состоящей из элементов, объединенных в подрешетки, что позволяет уменьшить число передающих и приемных каналов. Для исключения влияния интерференционных максимумов ДН, возникающих вследствие того, что фазовые центры подрешеток располагаются на расстоянии в несколько раз больше половины длины волны, предлагается число элементов передающих и приемных подрешеток сделать некратным друг другу. Тогда положение интерференционных максимумов ДН передающей и приемной антенн не совпадают, и при формировании результирующей ДН как произведения этих двух диаграмм остается единственный главный максимум, положение которого соответствует положению основного главного максимума ДН передающей и приемной антенн.

Методом математического моделирования была исследована работа АР, в которой передающая решетка состоит из двух подрешеток по три столбца в каждой, а приемная решетка – из восьми подрешеток по два столбца. Показано, что при использовании такой конфигурации обеспечивается формирование единственного луча результирующей ДН в секторе углов 40° (по 20° влево и вправо от нормали к АР) при уровне боковых лепестков не более

-20 дБ, а при уровне боковых лепестков -13 дБ возможна перестройка в секторе 60°. При этом обеспечивается угловое разрешение 5°.

1. **Монзинго, Р.А.** Адаптивные антенные решетки. Введение в теорию / Р.А. Монзинго, Т.У. Миллер: [пер. с англ.]. – М. : Радио и связь, 1986. – 448 с.

УДК 621.3

ПОЛЕТАЕВА Н.С.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКОГО ПОСОБИЯ ПО РАСЧЕТУ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

С развитием микроэлектроники стала актуальной проблема правильного назначения допусков на параметры радиодеталей, модулей, блоков и других элементов конструкций. При правильном назначении допусков на радиодетали и функциональные узлы может быть обеспечена функциональная взаимозаменяемость. Допуски на параметры деталей и узлов радиоэлектронных средств (РЭС), установленные необоснованно, увеличивают ее стоимость и удлиняют сроки производства. Любая конструкция радиоаппарата характеризуется электрическими и механическими параметрами, определяющими качество его работы. Поэтому основное внимание уделяется расчету допусков именно на эти параметры.

С развитием микроэлектроники, техники и применением в РЭС пленочных гибридных схем, многослойного печатного монтажа необходим расчет электрических допусков и допусков на геометрические параметры, сопряжения этих допусков для обеспечения требуемой точности работы радиоизделий. Поэтому требуется рассчитывать допуски как на геометрические, так и электрические параметры изделий[1].

Наилучший метод расчета допусков - вероятностный, он наиболее правильно учитывает случайный характер отклонений параметров конструкций РЭС в условиях серийного производства и под действием окружающей среды.

Допуски целесообразно рассчитывать в процессе конструирования РЭС. Своевременно проводимый расчет допусков может активно влиять на процесс конструирования, так как в результате расчета могут быть выявлены узлы и элементы конструкции радиоаппарата, обеспечение точности характеристик которых связано с определенными трудностями, и найдены более простые конструктивные решения.

Расчет допусков позволяет:

- установить допуски на характеристики функциональных узлов и согласовать их с допусками на характеристики радиоаппарата;
- рационализировать конструкции узлов и блоков радиоустройства, обеспечив достижение требуемой точности, электрическую и геометрическую взаимозаменяемость;
- найти исходные данные, определяющие точность работы радиоаппарата для разработки технологии его сборки и изготовления узлов, блоков, пленочных схем, печатного монтажа и т.п.

В докладе дан обзор и приведены методы расчета механических и электрических допусков РЭС. Излагаются основы теории и методика расчета допусков, статистическое и физическое обоснование ее применимости. Методика базируется на основных положениях теории точности, математической статистики и теории вероятностей.

Показана применимость методики к расчету механических допусков, причем основное внимание уделено расчету допусков на геометрические параметры. Показаны особенности расчета электрических и механических допусков, их взаимосвязь, определяемая кон-

струкцией узлов РЭС. На примерах расчета проиллюстрирована применимость методики расчета допусков к расчету электрических допусков РЭС. Даны рекомендации по выбору законов распределения производственных погрешностей параметров радиоизделий и погрешностей, вызванных воздействием окружающей среды и старения.

1. **Фомин, А.В.** Допуски в радиоэлектронной аппаратуре / А.В. Фомин, В.Ф. Борисов, В.В. Чермошенский. – М. : Сов. радио, 1973. – С. 10-15.

УДК 621.396.969.12

ПРИВАЛОВ И.С., КУЗИН А.А.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛОВЫХ КООРДИНАТ В МІМО РАДАРАХ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В последнее время одной из обсуждаемых технологий в радиолокации является МІМО технология (multipleinputmultipleoutput – «множественный вход-множественный выход»). Однако большинство исследований и, как следствие, использование в реальных устройствах было проведено за границей.

При сравнении МІМО с ФАР (фазированными антенными решетками) можно найти как преимущества, так и недостатки исследуемой технологии [1]. К ее достоинствам можно отнести следующее: из-за формирования широких передающих лучей и узких лучей на прием отсутствует необходимость механического сканирования пространства для поиска целей; вследствие увеличения эффективного размера виртуальной антенны повышается угловая разрешающая способность РЛС. Недостатками являются: ухудшение энергетических характеристик и уменьшение области однозначности.

Цель работы – формирование алгоритма нахождения угловых координат объектов для автомобильных МІМО РЛС.

С использованием пакета программ MATLAB и с опорой на реальное устройство радаров [2] проведено моделирование нескольких систем, обладающих одинаковым количеством приемных антенн, но различающихся числом антенн передающих (SIMO – singleinputmultipleoutput – и МІМО с двумя передатчиками). В качестве излучаемого сигнала выбран сигнал с линейно-частотной модуляцией, который является сложным и применяется в действующих автомобильных РЛС. Кроме того, использовано кодовое разделение сигналов передающих антенн – фазовая манипуляция кодом Баркера. Моделирование на этом этапе подтвердило теоретические предположения, что с ростом числа передающих антенн разрешающая способность по азимуту улучшается за счет увеличения виртуальных антенн.

При определении углового положения объекта применен следующий подход. Для каждой виртуальной антенны находится двумерная матрица БПФ, которые затем некогерентно суммируются для создания матрицы предвидения, после чего находятся пики в этой матрице, соответствующие допустимым объектам. Для каждого допустимого объекта на соответствующих вершинах этих множественных 2Д-БПФ выполняется угловое преобразование Фурье, чтобы определить азимут этого объекта.

Полученные в результате анализа работы модели данные близки к ожидаемым, на основании чего можно сделать вывод о возможности применения алгоритма в реальных радарах.

1. **Черняк, В.С.** Обнаружение сигналов в МІМО РЛС // Успехи современной радиоэлектроники. – 2014. – № 7. – С. 35 - 48.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ ВЫПРЯМИТЕЛЯ С ФИЛЬТРОМ

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

В настоящее время для питания вычислительных устройств и периферии используются импульсные источники питания (ИИП). Одной из особенностей ИИП является возможность коррекции коэффициента мощности для уменьшения реактивной составляющей тока, потребляемого от сети.

При проектировании корректоров коэффициента мощности (ККМ) возникают вопросы о целесообразности введения их в состав ИИП и улучшения качества потребляемой энергии по сравнению с простыми выпрямителями. В литературе, посвященной современным источникам питания, приводятся различные схемы выпрямителей и их параметры, но отсутствуют данные по коэффициенту мощности и его влиянию на остальные параметры выпрямителей. В силу этого было принято решение провести исследование выпрямителя источника питания с точки зрения зависимости его коэффициента мощности от параметров выпрямителя и взаимосвязи КМ с остальными его параметрами.

Исследование проводилось в среде моделирования PROTEUS. Результаты экспортировались в оригинальную программу анализа, разработанную с участием автора. В зависимости от параметров выпрямителя определялись: коэффициент мощности, средневыпрямленное напряжение, коэффициент пульсаций, выходная мощность, коэффициент полезного действия и амплитуда импульсов тока, потребляемого от сети.

В результате исследований получены зависимости, примеры которых приведены на рис.1.

Установлено, что коэффициент мощности имеет экстремумы при разных аргументах – как максимумы, так и минимумы. При этом экстремумы коэффициента мощности не совпадают с экстремумами других параметров выпрямителя. Отсюда следует целесообразность применения коррекции коэффициента мощности в тех случаях, когда, например, главным требованием к выпрямителю является получение максимальной выходной мощности.

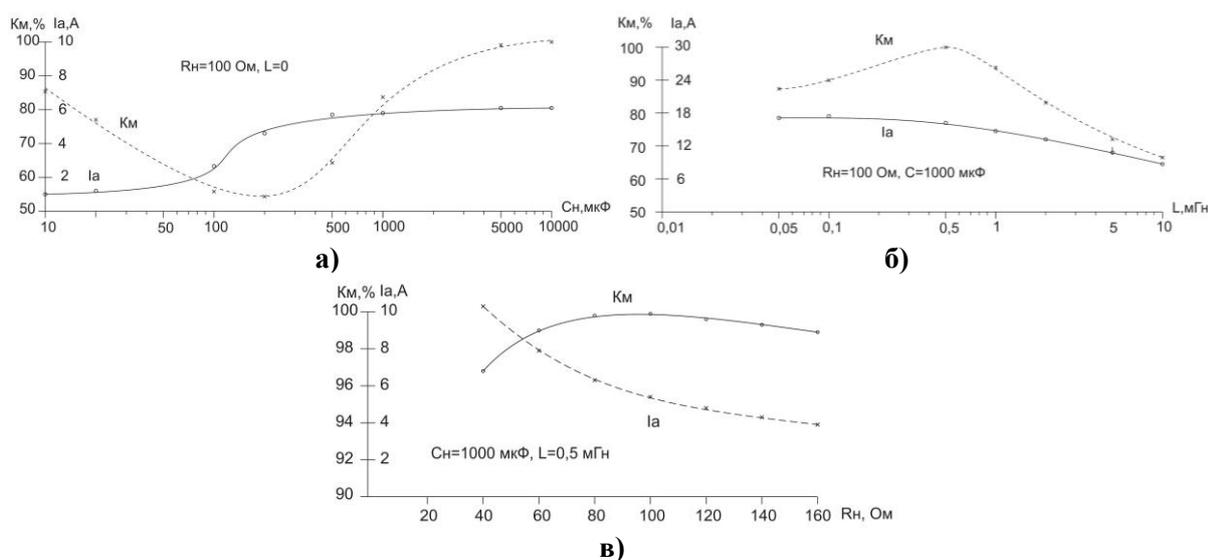


Рис. 1. Зависимость коэффициента мощности и амплитуды импульса тока от параметров фильтра

**ФОРМИРОВАНИЕ СИГНАЛА ДЛЯ РАСЧЕТА ВЫХОДНОЙ
ХАРАКТЕРИСТИКИ ДАТЧИКА УГЛОВОЙ СКОРОСТИ**

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

В качестве объекта исследования выступает датчик угловой скорости (ДУС), конструктивно представляющий собой трехстепенной малогабаритный гироскоп на сферическом шарикоподшипниковом подвесе (ШПП). Данные гироскопы производятся исключительно ПАО АНПП «Темп-Авиа» и не имеют зарубежных аналогов.

Гироскопы на сферическом ШПП имеют два ортогонально расположенных измерительных канала. Выходной характеристикой гироскопа является измеряемая угловая скорость $\omega_{\text{упр}}$, значение которой вычисляется по формуле

$$\omega_{\text{упр}} = \frac{K_{\text{ДМ}}}{H} U^2,$$

где $K_{\text{ДМ}}$ и U – чувствительность и напряжение в обмотках электромагнитного моментного преобразователя; H – кинетический момент ротора гироскопа.

Выходной сигнал такого ДУС может использоваться в неизменном виде (аналоговом), например, для реализации контура стабилизации посредством замыкания цепи обратной связи системы (датчика угла гироскопа и одного из каналов датчиков момента). Использование аналогового сигнала для анализа различных режимов работы гироскопа и расчета его выходной характеристики малопродуктивно и низкотехнологично. В связи с этим сигнал с ДУС из аналоговой формы преобразуется в цифровую с помощью блока цифровой обработки (БЦО).

Данный блок позволяет получать цифровой сигнал путем последовательного преобразования выходного напряжения ДУС. Работает блок на контроллере Intel MCS-196, а его выходным сигналом является цифровой сигнал, который через интерфейс RS-232 выводится на ПК, где обрабатывается специальным программным обеспечением в среде MS-DOS.

Достоинством гироскопов на ШПП является высокая чувствительность (порог чувствительности порядка 1,5%/час или 0,000416%/с). Однако при проведении проверок ДУС возникает проблема зашумленности выходного сигнала помехами различного уровня, которые, чаще всего, являются нештатными внешними воздействиями. К ним можно отнести стук закрываемой в лаборатории двери, вибрирование передвигаемого стула, шаги проходящих сотрудников, шум грузовых автомобилей или автобусов и т.п. Есть два пути исключения таких явлений: использование так называемого «плавающего фундамента» или доработка существующего программного обеспечения (ПО). Использование «плавающего фундамента» является нетехнологичным и дорогостоящим решением, так как проведение проверки ДУС может проводиться и в «полевых условиях». В данной работе была проведена доработка ПО проверки ДУС, обеспечивающего повышенную точность за счет устранения выбросов в выходном сигнале датчика.

В качестве основополагающего элемента разрабатываемого ПО предложена реализация идеи медианной фильтрации выходного сигнала ДУС. В результате удалось снизить СКО в выходном сигнале более чем в три раза (до уровня порядка 0,2 %).

СОЗДАНИЕ ГЕНЕРАТОРА СТУПЕНЧАТЫХ СВЕТОВЫХ ИМПУЛЬСОВ (ГССИ) И ИССЛЕДОВАНИЕ С ЕГО ПОМОЩЬЮ ЛИНЕЙНОСТИ СВЕТОВОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФЭУ

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

В настоящее время одним из приоритетных направлений современной физики являются исследования в области быстропротекающих процессов. Одними из основных устройств, используемых для регистрации процессов, служат фотоэлектронные умножители (ФЭУ). Наиболее важный параметр ФЭУ – линейность световой характеристики, позволяющая правильно интерпретировать полученные данные.

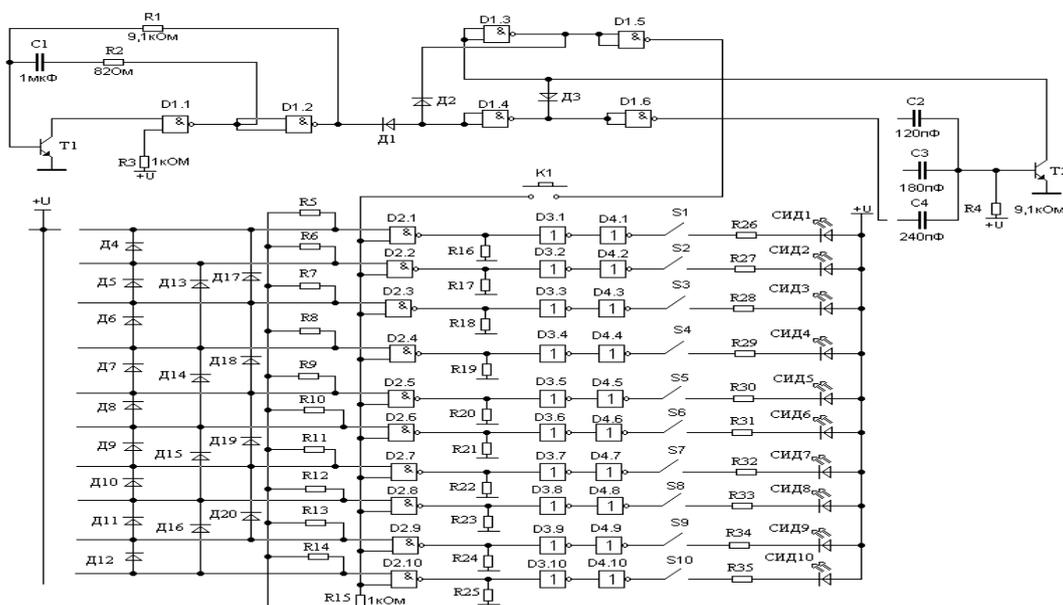


Рис. 1. Схема ФЭУ

При проведении исследования линейности световой характеристики ФЭУ применялась следующая методика. Генератор формирует световые прямоугольные импульсы, образующие световой поток, регистрируемый ФЭУ. На выходе ФЭУ идут импульсы тока, причем каждому светодиоду генератора соответствует определенный импульс тока. В линейном режиме работы ФЭУ анодный ток суммы световых импульсов равен сумме анодных токов от каждого импульса, в противном случае ФЭУ находится в нелинейном режиме. Последовательно увеличивая количество включенных светодиодов и регистрируя выходные импульсы, можно получить световую характеристику ФЭУ.

Основным инструментом для проведения исследований является ГССИ, состоящий из источника постоянного тока Б5-45А, генератора прямоугольных периодических импульсов, схемы, регулирующей включение светодиодов, и платы со светодиодами (рис. 1). Данный ГССИ позволяет независимое регулирование длительности импульсов в диапазоне от 150 нс до 1 мкс и периода повторения в диапазоне нескольких миллисекунд; обладает высокой стабильностью амплитуды и длительности выдаваемых импульсов.

С помощью данного ГССИ были проведены исследования ФЭУ СНФТЗ при различных длительностях световых импульсов: 150 нс, 500 нс, 1 мкс. Определено, что значение предела линейности ФЭУ уменьшается при уменьшении длительности световых импульсов и увеличивается при увеличении чувствительности ФЭУ.

Основными достоинствами исследования с помощью ГССИ являются: получение абсолютного значения предела линейности при использовании относительного световыхода светодиодов; высокая точность измерений; малая стоимость прибора (менее 1500 руб.); простота эксплуатации.

В дальнейшем предполагается проведение исследований различных типов ФЭУ, использование в ГССИ других светодиодов, изучение влияния магнитного поля Земли на предел линейности световой характеристики.

Конструирование и технология радиоэлектронной аппаратуры

УДК 621

АКИЛОВ П.О.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕМЕННЫХ РЕЗИСТОРОВ ТИПА СПЗ-19

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

Современный период времени характеризуется высоким уровнем развития радиоэлектроники и телекоммуникационных систем, что приводит к таким проблемам, как усложнение радиоэлектронных компонентов и устройств. Одна из причин этой проблемы в увеличении количества используемых радиоэлементов. Данный процесс приводит к необходимости создания автоматизированных систем контроля параметров различных электро-радиоэлементов и компонентов РЭС.

Автоматизированная система контроля (АСК) – это система, которая обеспечивает сбор и обработку информации о состоянии электрических параметров компонентов РЭС.

Разработанная автоматизированная система контролирует параметры резисторов типа СПЗ-19: 1) процентное отклонение полного сопротивления от номинального значения; 2) минимальное сопротивление; 3) величину начального скачка сопротивления; 4) плавность измерения электрического сопротивления.

Автоматизированная система контроля представляет собой программно-аппаратный комплекс, состоящий из измерительного блока и контактного устройства для посадки и фиксации резисторов.

Прототипами разрабатываемой системы являются две разработки.

Первая система имеет измерительный блок, элементная база которого сильно устарела и не обеспечивает необходимую точность и скорость измерения электрических параметров переменных резисторов, что является главным требованием для АСК.

Вторая система построена на более современной элементной базе, но позволяет измерять параметры только одного резистора, в отличие от первой системы, которая измеряет параметры пяти резисторов одновременно. Эти недостатки приводят к увеличению длительности процесса контроля измеряемых параметров.

Достоинством нашей разработки, в отличие от прототипов, является замена элементной базы на более современную при модернизации электрической принципиальной схемы, благодаря которой новая система позволяет измерять параметры одновременно пяти резисторов.

Таким образом, в работе была решена задача повышения точности и скорости измерения параметров переменных резисторов типа СПЗ-19 путем разработки автоматизированной системы контроля их параметров на современной элементной базе.

1. **Белов, А.В.** Конструирование устройств на микроконтроллерах / А.В. Белов. – СПб.: Наука и Техника, 2005. – 256 с.

МОДЕРНИЗАЦИЯ БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ РУЛЕВЫХ ПРИВОДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

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

Целью работы является разработка блока управления рулевых приводов на современной элементной базе с сохранением исходных функции прототипа. Проектируемое устройство предназначено для обеспечения взаимодействия между бортовым цифровым вычислительным устройством и блоком электроприводов.

Основу схемы составляют цифро-аналоговые преобразователи, выполненные в виде отдельных микросхем, а также микроконтроллер, использование которого позволяет значительно уменьшить площадь, занимаемую элементами схемы, поскольку большая часть логических микросхем заменена на один элемент.

Первым шагом является анализ части схемы, вместо которой будет использоваться микроконтроллер. Основным его назначением будет проверка напряжения на определенных выводах и выдача соответствующих сигналов по окончании измерения. Также микроконтроллер будет отвечать за самоконтроль блока.

Следующим шагом является выбор микроконтроллера. Выбор пал на микроконтроллеры AVR корпорации Atmel. Основными преимуществами этого семейства микроконтроллеров являются: цена, доступность, наличие полного перечня соответствующей документации, большой перечень периферии. Также еще одно преимущество в простоте прошивки. Данным микроконтроллерам не нужны специализированные программаторы и сложное оборудование. Программа написана на языке C в Atmel Studio (ранее AVR studio). Основным преимуществом данной программы является эмулятор, позволяющий отладить выполнение программы без загрузки в микроконтроллер.

Для получения объективной информации о параметрах и режимах работы микроконтроллера было принято решение проверить его с помощью САПР, обладающих возможностью моделирования работы электрической схемы. Для моделирования работы схемы была выбрана программа Proteus. Уникальной чертой среды Proteus является возможность эффективного моделирования работы разнообразных микроконтроллеров (PIC, 8051, AVR, HC11, ARM7/LPC2000 и др.) и отладки микропрограммного обеспечения.

Следующий шаг – изменение перечня элементов на более современные аналоги. Основным направлением является замена корпусированных элементов на бескорпусные. Данные элементы имеют более малые габариты, и модуль блока будет выполнен на односторонней печатной плате.

Расчет площади показал:

- элементы до изменения имели суммарную площадь 7588 мм^2 , расчетная площадь платы была равна 13604 мм^2 с двусторонним монтажом элементов;
- после изменения перечня элементов и установки микроконтроллера площадь элементов сократилась до 7588 мм^2 , расчетная площадь платы 13604 мм^2 с односторонним монтажом элементов.

-
1. Антипенский, Р.В. Схемотехническое проектирование и моделирование радиэлектронных устройств / Р.В. Антипенский, А.Г. Фадин. – М.: Техносфера, 2007. – 127с.

ПОДЪЕМНО-ПОВОРОТНОЕ УСТРОЙСТВО АНТЕННЫ

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

С начала космической эры для трансляции радиосигнала между точками на поверхности Земли, не имеющими прямой видимости, используют спутники связи. Одним из недостатков такой связи является необходимость слежения наземной антенны за спутниками, имеющими негеостационарные орбиты [1]. Постоянное наведение антенны на спутник вручную довольно сложное и неэффективное занятие. Для решения этой задачи используют направленные антенны с подъемно-поворотными устройствами (ППУ), которые способны обеспечить не только изменение угла азимута, но и угла элевации. Однако коммерческие версии таких систем дорогостоящие, поэтому малодоступны для рядового пользователя.

В докладе обсуждается недорогой вариант системы, состоящий из блока управления, ППУ, ПК оператора, направленной антенны и штатива. Рассмотрены подробно первые два узла.

Блок управления — это мозговой центр ППУ, в нем собрана вся управляющая и вспомогательная электроника: микроконтроллер на базе Arduino Mega 2560; плата связи с персональным компьютером оператора; драйверы электродвигателей поворотного блока, отвечающие за управление электродвигателями подъема и поворота антенны; плата цифрового компаса; плата гироскопа и концевые выключатели, предназначенные для ограничения вращения и подъема антенны.

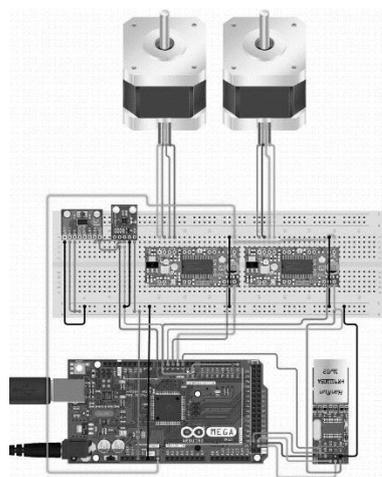


Рис. 1. Функциональная схема подъемно-поворотного устройства

В ППУ (рис.1) собрана вся механическая часть устройства. Он включает в себя шаговые двигатели поворота и подъема антенны, редукторные шестерни и кронштейн крепления. Конструкция устройства позволяет антенне поворачиваться на 180 град. в каждую сторону и подниматься на 90 град. В докладе описано ППУ на базе микроконтроллера Arduino Mega 2560, его основные узлы и принцип работы, также представлен интерфейс программного обеспечения Gpredict, предназначенный для отслеживания спутников.

1. Спутник связи [Электронный ресурс] // Википедия. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D1%83%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%BA_%D1%81%D0%B2%D1%8F%D0%B7%D0%B8

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ НАДЕЖНОСТИ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНИКИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЕЕ КАЧЕСТВА

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

Надежность - свойство объекта выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, технического обслуживания, ремонта, хранения, транспортирования [1].

Проблема надежности электронной техники всегда стояла и стоит на всем пути ее эксплуатации. Использование в научно-исследовательском предприятии зарубежной компьютерной техники, достаточно совершенной и надежной, с быстро меняющимися технологиями изготовления, совершенно не снимает актуальности решения задач надежности как отдельных элементов, узлов, так и персональных компьютеров (ПК).

Отдельные, частичные и глобальные сбои имеют место не только в технике с истекшим сроком эксплуатации или заканчивающимся, но и проработавшей 1 - 2 года или только что начавшей работать.

Наличие в научно - исследовательском предприятии достаточно большого парка компьютерной техники с различными сроками службы, различных модификаций, с набором всевозможных отказов и сбоев дают прекрасную почву для исследования причин, влияющих на работу ПК и качество расчетов в зависимости от условий эксплуатации ПК, а также рассмотреть причины отказов технологического характера.

В докладе проанализированы причины отказов компьютерной техники. Основными являются: старение элементной базы, перегрев элементов, отказы технологического характера, нарушение условий эксплуатации (отказы компьютерной техники возникают в результате нарушения рабочих функций элементов в условиях, не соответствующих их эксплуатационным техническим параметрам).

На основе проведенных исследований выработан комплекс мероприятий, если не полностью устраняющих отказы и сбои, то хотя бы частично снижающие их и обеспечивающих бессбойную работу техники, что, в конечном итоге, снижает эксплуатационные затраты.

В докладе рассмотрены вопросы повышения надежности компьютерной техники, находящейся в эксплуатации, даны практические рекомендации по ее повышению. Все предложенные рекомендации нашли практическое применение. Так, для улучшения теплообмена в 120 компьютерах поставки 2019 г. проведена переконфигурация. Во всех поступающих на ремонт ИП, мониторах, материнских платах заменены вентиляторы и электролитические конденсаторы с запасом по напряжению.

1 Надежность [Электронный ресурс] // Википедия. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Надежность#cite_note-gost-27.002-p1-1

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ЗАРЯДНОГО УСТРОЙСТВА

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

Схемотехническое моделирование, которое в разных источниках может называться аналоговым или электрическим, может быть охарактеризовано как моделирование процессов электрической природы в радиоэлектронных устройствах. Эти устройства принято изображать в виде принципиальных электрических схем, которые представляют собой условные обозначения элементов схемы (резисторов, транзисторов, конденсаторов, диодов и т.п.), соединенных между собой требуемым образом. При этом схемотехническое моделирование должно учитывать существующие физические ограничения в протекающих электрических процессах. Ограничения, упоминаемые здесь, описываются законами Кирхгофа и отражают влияние законов сохранения заряда и энергии. Поэтому их часто называют условиями электрического равновесия. Поскольку выполнение этих законов требуется в каждой расчетной точке схемы, это приводит к необходимости составления и решения для каждой точки уравнений электрического равновесия [1]. Данная задача решена в программном пакете Altium Designer [2]. Поэтому для моделирования схемы зарядного устройства (ЗУ) было решено использовать именно его.

Устройство построено на специализированном контроллере заряда MAX713CPE (DA2, DA4), который позволяет заряжать Ni-Cd/Ni-MH аккумуляторы и батареи как в медленном, так и в быстром режиме с повышенным значением зарядного тока. В последнем случае предусматривается отключение зарядного тока по таймеру быстрого цикла заряда, для реализации которого применяется специализированная микросхема часов реального времени NE555N (DA1, DA3). Такая схема подразумевает возможность одновременной зарядки до 16 последовательно соединенных элементов под нагрузкой, что может быть актуально при использовании батарей большой емкости.

Поскольку многофункциональное ЗУ имеет два независимых канала, при схемотехническом моделировании возможность отказа одного из каналов заряда можно не рассматривать.

Микросхемы исключать из модели и заменять аналогами входных и выходных сопротивлений выводов нежелательно, поскольку с их правильным функционированием связана работоспособность всего устройства. В то же время, активные элементы, примененные в схеме моделируемого устройства (транзисторы и диоды), могут быть заменены моделями аналогичных элементов без снижения достоверности получаемых результатов. Поэтому основной задачей при построении модели схемы ЗУ в данный момент является обеспечение доступности адекватной модели контроллера заряда MAX713CPE.

Библиографический список

1. **Антипенский, Р.В.** Схемотехническое проектирование и моделирование радиоэлектронных устройств / Р.В. Антипенский, А.Г. Фадин. - М. : Техносфера, 2007. - 127 с.
2. **Сабунин, А.Е.** Altium Designer. Новые решения в проектировании электронных устройств / А.Е. Сабунин. - М. : Солон-Пресс, 2013.

**РАЗДЕЛЕНИЕ ПЛАСТИН НА КРИСТАЛЛЫ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОГО
СКРАЙБИРОВАНИЯ ПО ТЕХНОЛОГИИ «НЕВИДИМКА»**

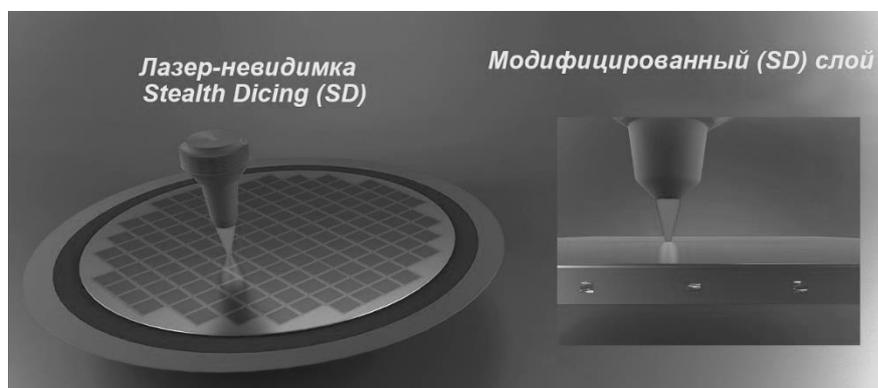
Филиал ФГУП РФЯЦ ВНИИЭФ «НИИИС им. Ю.Е. Седякова»

Лазерное скрайбирование является в настоящий момент одним из самых перспективных методов разделения полупроводниковых пластин. При лазерном скрайбировании резка на поверхности пластины производится не механическим, а электрофизическим путем нагрева и испарения узкой полосы пластины (25-40 мкм), разделительные риски между готовыми структурами создаются испарением узкой полосы полупроводникового материала с поверхности пластины во время ее перемещения относительно сфокусированного лазерного луча. Это приводит к образованию в пластине сравнительно глубоких (до 50-100 мкм) и узких (25-40 мкм) канавок.

Размеры риски, зона термического влияния лазерного луча определяются скоростью перемещения пластины относительно лазерного луча, мощностью, частотой и длительностью импульса излучения, размером сфокусированного луча.

Канавка, узкая и глубокая по форме, выполняет роль концентратора механических напряжений. При разламывании пластины возникающие напряжения приводят к образованию на дне канавки трещин, распространяющихся сквозь всю толщину пластины, в результате чего происходит ее разделение на отдельные кристаллы. Наряду с созданием глубокой разделительной канавки достоинством лазерного скрайбирования является высокая производительность (100-200 мм/с), отсутствие на полупроводниковой пластине микротрещин и сколов. В качестве режущего инструмента используют импульсный оптический квантовый генератор с частотой следования импульсов 5-50 кГц и длительностью импульса 0,5 мс.

Прорывом на рынке оборудования для разделения пластин с абсолютно любыми структурами являются установки лазерной резки с технологией Stealth (невидимка). Данная технология обеспечивает полностью бездефектное скрайбирование полупроводниковых материалов посредством разрушения лазерным лучом не поверхностного, а внутреннего слоя материала (рис. 1). При этом внешне пластина остается целой, а во внутреннем слое в направлении заданной линии реза образуются микропустоты, приводящие при последующей доломке к идеально ровному краю кристалла с минимальным количеством сколов и абсолютно бездефектной поверхностью кристаллов.

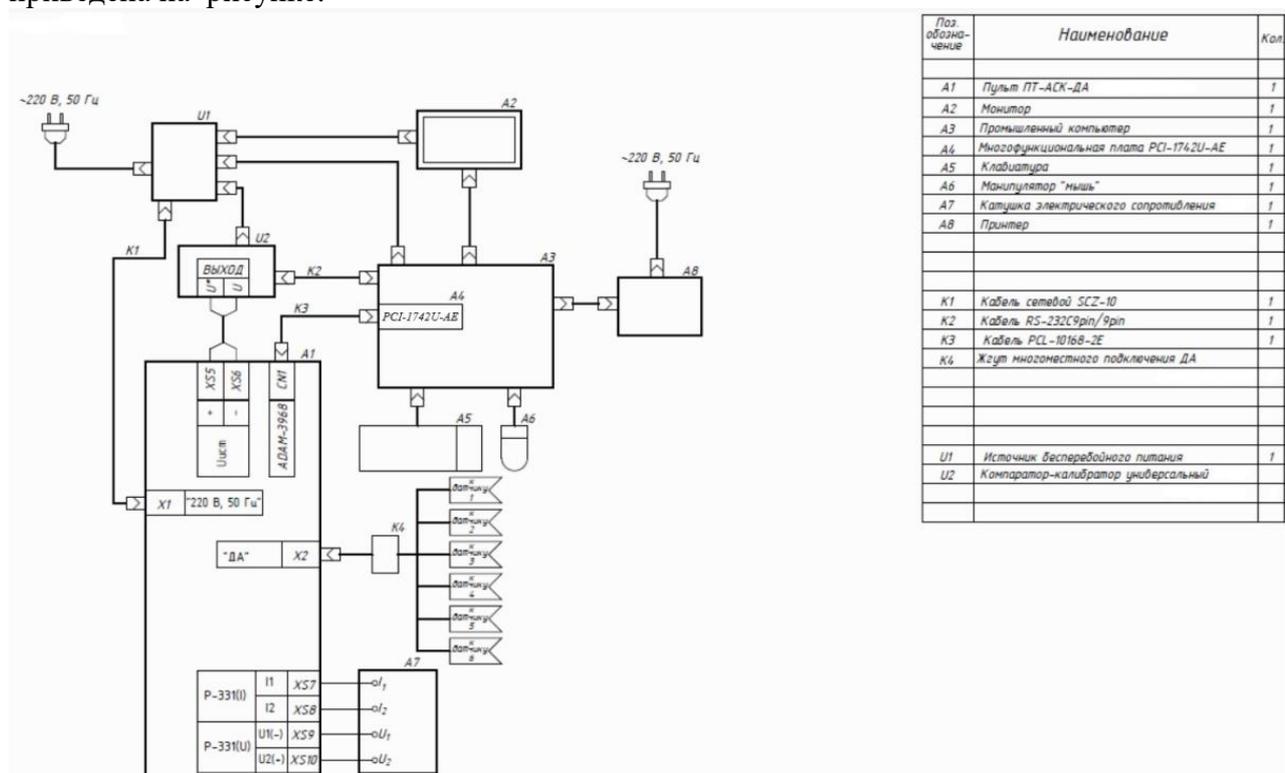
**Рис. 1. Разделение кремниевой пластины лазером по технологии Stealth Dicing**

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ДАТЧИКА АКСЕЛЕРОМЕТРА

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

Цель работы – разработка на современной элементной базе автоматизированной системы контроля (АСК) для проверки датчика акселерометра (ДА). Использование персонального компьютера позволило упростить и ускорить процесс проверки, устранить влияние человеческого фактора (ошибки оператора).

Структурная схема АСК с подключением к ДА с перечнем используемых устройств приведена на рисунке.



Обоснован выбор многофункциональной высокопроизводительной платы сбора данных с высоким разрешением PCI-1742U-AE производства фирмы Advantech. АСК получает информацию через многоканальный жгут от ДА, обеспечивает ее обработку и вывод в цифровом виде на экран монитора, сохранение всех данных на жестком диске и формирование протокола проверки для печати.

Преимущества разработки: низкая цена, доступность, наличие полного перечня соответствующей документации, хорошие метрологические характеристики.

Разработка АСК при работе с ДА обеспечила:

- упрощен и ускорен процесс проверки датчика с 40 до 10 мин;
- автоматическое переключение электрических цепей сводит к минимуму участие оператора и повышает достоверность измерений;
- увеличена точность задания проверяемых напряжений ;
- получен высокий экономического эффект при хороших показателях окупаемости.

1. Антипенский, Р.В. Схемотехническое проектирование и моделирование радиэлектронных устройств / Р.В. Антипенский, А.Г. Фадин. – М.: Техносфера, 2007. – 127с.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ НАДЕЖНОСТИ ПЕЧАТНОГО УЗЛА

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

Основной целью проведения работ по прогнозированию надежности является установление назначенных ресурса, срока службы, хранения и прочих показателей надежности радиоэлектронной аппаратуры (РЭА). Так, в случае достижения изделием установленного значения одного или нескольких назначенных показателей возникает необходимость в принятии решения о дальнейшем использовании РЭА, а именно: передачи аппаратуры для использования по иному (не основному) назначению до утилизации и списания, продлении назначенных показателей (в случае успешного проведения работ по продлению данных показателей), направлении на переконсервацию (либо в ремонт) или о списании и утилизации.

Для проведения работ по прогнозированию надежности обычно используется метод индивидуального прогнозирования на основе обучающего эксперимента, разработанный М. Н. Пигановым. Его задача состоит в получении оценки значения конкретного прогнозируемого параметра надежности при большом числе информативных параметров. Решить ее возможно с помощью регрессионных моделей. Постановка задачи такого прогнозирования в общем виде сводится к нахождению оператора H_x . Оценка значения прогнозируемого параметра j -го экземпляра для случая, когда принимается линейная модель зависимости между \hat{y} и x_i , находится из выражения [1]

$$y^{*(j)}(t_{np}) = H_x \left[\left\{ x_i^{(j)} \right\} \right] = B_0 + B_1 x_1^{(j)} + B_2 x_2^{(j)} + \dots + B_i x_i^{(j)} + \dots + B_k x_k^{(j)}, \quad (1)$$

где $x_i^{(j)}$ – значение i -го признака j -го экземпляра; B_i – постоянные коэффициенты.

Идея представления связи между прогнозируемым параметром и отдельными признаками регрессионной модели состоит в том, что, какова бы ни была центрированная и нормированная случайная величина \tilde{y}_i и количество k случайных величин $\tilde{x}_{1\mu}, \tilde{x}_{2\mu}, \dots, \tilde{x}_{k\mu}$, тоже центрированных и нормированных, всегда можно найти такие коэффициенты b_i , при которых будет выполняться равенство, независимо от законов распределения случайных величин,

$$\tilde{y}_\mu(t_{np}) = b_1 \tilde{x}_{1\mu} + b_2 \tilde{x}_{2\mu} + \dots + b_k \tilde{x}_{k\mu} + \Delta \tilde{y}, \quad (2)$$

В этом выражении b_i – постоянные коэффициенты регрессионной модели с центрированными и нормированными значениями случайных величин; $\Delta \tilde{y}$ – ошибка прогнозирования, которая содержит все нарушающее линейную связь между прогнозируемым параметром \tilde{y}_μ и признаками $\left\{ \tilde{x}_{i\mu} \right\}$.

-
1. **Пиганов, М.Н.** Прогнозирование надежности радиоэлектронных средств / М. Н. Пиганов, С. В. Тюлевин // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. – 2009. – №1 (72). – С. 174-180.

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ МОДЕЛИ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА РЭА

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

Наибольшую точность при прогнозировании надежности РЭА дает метод индивидуального прогнозирования. Необходимое качество прогноза закладывается еще на стадии разработки модели ИП [1]. Предлагается структурная модель ИП (рис. 1), на основании которой возможно разработать методику ИП, позволяющую проводить отбраковку изделий РЭА с заданной точностью.

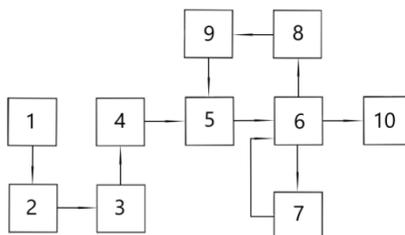


Рис. 1. Структурная модель ИП показателей качества РЭА

1. Предварительный этап. Анализ и выбор методов ИП. Первичный выбор параметров прогнозирования и информативных параметров. Определение объема выборки. Составление программы испытаний. Проведение метрологической экспертизы.

2. Этап проведения обучающего эксперимента. Проводятся испытания в соответствии с требованиями, заложенными на первом этапе.

3. По результатам проведения обучающего эксперимента проводят окончательный выбор методики ИП, информативных параметров (исходя из величины корреляции с прогнозируемым параметром). Проводится разработка алгоритма: перевод математическо-расчетной части на язык блок-схем и выбор языка программирования высокого уровня (либо пакета прикладных программ для математических расчетов) с последующей оценкой качества выходного программного продукта.

4. Разработка оператора ИП, имеющего минимальное расхождение с экспериментальными данными и минимальную ошибку. Оценка качества данного оператора.

5. Разработка и аттестация рабочей методики. Определение набора измеряемых параметров рабочих выборок. Присвоение категории качества методики.

6. Рабочее прогнозирование: определение потенциально ненадежных изделий (среди тех, которые не участвовали в обучающем эксперименте) на основании измеренных информативных параметров и оператора прогнозирования.

7. Уточнение и оптимизация оператора. Проводится в случае, если качество прогнозирования не соответствует заложенным критериям. Затем проводят повторный обучающий эксперимент. Данная операция может повторяться многократно.

8. Выбор или разработка новых информационных параметров. Определение пороговых значений, обеспечивающих максимально точное прогнозирование.

9. Уточнение и проверка методики ИП на соответствие заложенным требованиям.

10. Фактическая отбраковка несоответствующей продукции.

-
1. **Пиганов, М.Н.** Структурная модель индивидуального прогнозирования параметров космической радиоэлектронной аппаратуры / М.Н. Пиганов, С. В. Тюлевин // Вестник Самарского гос. аэрокосмич. ун-та. – 2008. – № 1. – С. 92-96.

**РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ИНДИКАЦИИ И КОММУТАЦИИ
КОНТРОЛЬНО-ПРОВЕРОЧНОЙ АППАРАТУРЫ**

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

В связи с усложнением бортовой аппаратуры противотанковых управляемых ракет, применением в ней сложной цифровой и микропроцессорной схемотехники, возрастают требования к контрольно – проверочной аппаратуре, обеспечивающей качественную проверку параметров как аппаратуры электронной (АЭ), так и приемника излучения (ПИ) на входном контроле.

Существенно повысить производительность труда и качество поверочных работ, сделать процесс проверки более объективным возможно лишь при автоматизации процедур проверки с применением всего арсенала новейших средств автоматики, электроники и вычислительной техники.

Для решения данных задач проведена разработка устройства индикации и коммутации (УИК), предназначенного для проверки работоспособности аппаратуры электронной и приемника излучения, что обеспечивает идентичность проверок как отдельно, так и в составе изделия.

Прибор относится к средствам индикации нормального и критического режимов величины тока в электрических приборах. Используется для контроля предела допускаемой величины постоянного и переменного токов при подключении сопротивления нагрузки, измеряет различные физические величины и индицирует величину тока, выполняет коммутацию и визуализацию работоспособности АЭ и ПИ.

Разработана схема электрическая принципиальная при помощи САПР Компас 3Д и Altium Designer, а также спроектированы 3D-модели деталей конструкции и печатной платы УИК, подготовлен комплект конструкторской документации.

Проведен расчет показателей качества как печатной платы (расчет ширины проводников), так и конструкции (расчет собственной частоты колебания печатного узла, расчет на действие удара, расчет ускорения при падении блока РЭА, надежности).

Для подтверждения теоретического расчета резонансной частоты УИК использовалась программа APM WinMachine v13.

Библиографический список

1. **Сабунин, А.Е.** Altium Designer. Новые решения в проектировании электронных устройств / А.Е. Сабунин. – М. : Солон-Пресс, 2013.
2. Расчет и конструирование механизмов приборов и установок / Ю.В. Милосердин [и др.]. – М. : Машиностроение, 1985.

**ВЫБОР НАПРАВЛЯЮЩИХ ПРИ АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ
ПОРТАЛЬНЫХ СТАНКОВ С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В современных технологиях производства радиоэлектронной аппаратуры широко используется обработка материалов станками с числовым программным управлением (ЧПУ),

многие из которых имеют конструкцию порталного типа. Важным этапом проектирования таких станков является рациональный выбор направляющих для кареток и портала или рабочего стола. Основная функция направляющих в перемещении движущихся компонентов станка по определенной траектории, при этом должно выполняться минимальное трение и необходимая точность. В случае неправильного выбора вида и параметров направляющих их недостаточная механическая прочность приводит к прогибанию, способному вызвать пропуски шагов обработки материалов, заклинивание, выход из строя силовых элементов, недопустимое снижение точности обработки. С другой стороны, применение направляющих с излишней прочностью приводит к необоснованному увеличению стоимости станка.

Цель работы – разработка методики выбора направляющих с использованием автоматизированного проектирования.

В качестве основных видов направляющих назовем полированный вал, полированный вал на опоре и профильные рельсовые направляющие [1]. В таком порядке упоминания растет механическая прочность направляющих, однако при этом повышается сложность их профиля и стоимость. Предпочтителен выбор направляющих с максимально низкой сложностью (стоимостью), при которой достигается необходимая прочность.

Для оценки возможности применения определенного вида направляющих и расчета их параметров в конкретных задачах обработки материалов можно использовать такие системы автоматизированного проектирования (САПР), как Компас-3D, Solidworks и Autodesk Inventor. Проведенный нами анализ позволил сделать вывод о предпочтительности использования САПР Solidworks 2018 в сочетании с инструментом Simulation [2].

Расчеты приводят к понятному выводу о том, что по мере увеличения габаритов рабочего поля станка и обрабатываемых заготовок, а также повышения необходимой точности обработки (уменьшения допустимого прогиба направляющих) требуется повышение сложности направляющих и увеличение их поперечных размеров. Однако в ряде реальных случаев приемлемыми оказываются простейшие направляющие (полированный вал) с небольшими поперечными размерами (диаметр 8 мм) и небольшой стоимостью. В частности, такой результат получается для разрабатываемого станка лазерной и механической обработки материалов с ЧПУ, рабочим полем 400x400 мм, массой каретки 2,5 кг и массой портала 4,5 кг при максимальном прогибе 0,05 мм для направляющих портала и 0,02 мм для направляющих каретки.

Библиографический список

1. Салихова, А.З. Сравнительный анализ направляющих для станков с программируемым управлением / А.З. Салихова, А.В. Тимаков, Д.Е. Стрелков // World science : Problems and innovations : сб. ст. XXXIX международной научно-практической конф. – Пенза, 2020. – С. 59–62.
2. Руководство для учащихся по изучению программного обеспечения SolidWorks® : SolidWorks education / SolidWorks Corporation. – PMS0119-RUS. – 150 с.

УДК 621.31

ЛЕБЕДЕВ. С.А., СВЕРДЛОВ Р.В.

ЦИФРОВОЙ ВЕСОВОЙ ДОЗАТОР АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ

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

Дозатор предназначен для дискретного дозирования сыпучих материалов в мешки на предприятиях промышленности и сельского хозяйства. Существующие весовые дозаторы не отвечают современным требованиям по основным техническим характеристикам: точность, надежность, пропускная способность. Цель работы – разработка цифрового весового

дозатора (ЦВД), созданного с применением микроконтроллера с возможностью перепрограммирования для дальнейшего развития производства.

В соответствии функциональными требованиями к ЦВД схема электрическая структурная будет иметь вид, представленный на рис. 1.

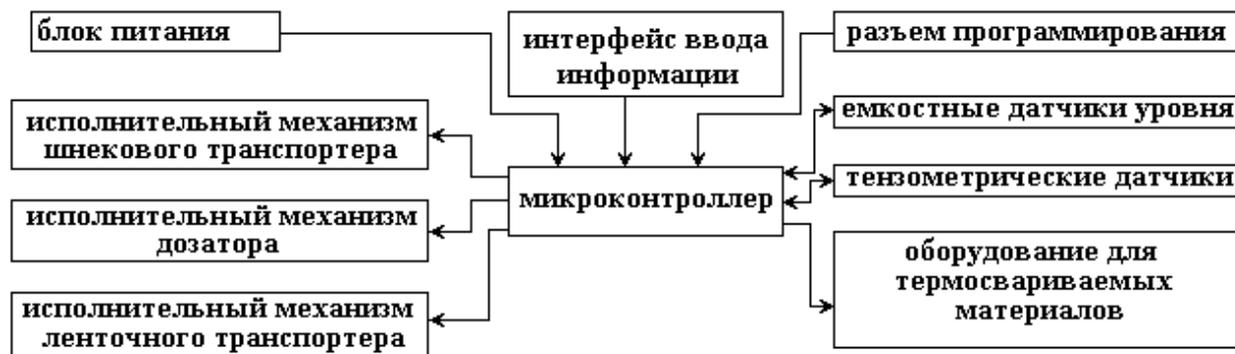


Рис. 1. Структурная схема цифрового весового дозатора

Блоки, входящие в ЦВД: блок питания - предназначен для формирования напряжений питания систем, стабилизации и защиты от помех питающего напряжения; исполнительный механизм шнекового транспортера - для транспортировки материалов из основного бункера в бункер-питатель дозатора; исполнительный механизм дозатора – пневматическая задвижка для пропускания определенной дозы продуктов; исполнительный механизм ленточного транспортера - для транспортировки мешков на склад; оборудование для запайки термосвариваемых материалов - для запайки полиэтиленовых мешков; тензометрические датчики - преобразуют величину деформации в электрический сигнал и передают его на микроконтроллер; емкостные датчики уровня - для контроля уровня наполнения бункера питателя дозатора; разъем программирования - для записи и отладки программы в микроконтроллере через ПК; интерфейс ввода информации - для ввода данных дозируемого веса в программу; микроконтроллер - принимает и обрабатывает сигналы с датчиков, осуществляет контроль системы, исполнительных устройств и выдает управляющие сигналы на них.

В блок управления вводится вес, фасуемый на основной и на пониженной скорости. Опрашиваются датчики уровня питателя дозатора. Из первичного бункера с помощью шнекового транспортера загружается продукт в питатель дозатора. Устанавливается мешок в пневмозажим. Контроллер в зависимости от величины заданного и измеренного веса вырабатывает сигнал, в мешок поступает 85% продукта, подается сигнал на пневмораспределитель, остальные 15% дозируются через окно досыпки. Подается сигнал на запайку мешка и включение ленточного транспортера, мешок отправляется на хранение. Затем цикл повторяется.

Библиографический список

1. Белов, А.В. Конструирование устройств на МК / А.В. Белов. – СПб.: НИТ, 2005
2. Шушпанников, А.Б. Моделирование процесса порционного дозирования / А. Б. Шушпанников, Б. А. Федосенков // Техника и технология пищевых производств. — 2010. — № 2 (17).

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ, ПРОВЕРКИ И АНАЛИЗА УСТРОЙСТВА «УСИЛИТЕЛЬ - ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ»

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексева,
АО «Арзамасский приборостроительный завод им. П.И. Пландина»

Усилитель - преобразователь (УП) – это устройство, предназначенное для получения аналоговых сигналов с датчиков угловой скорости, их усиления и преобразования в цифровой сигнал. Сигнал преобразуется в двоичный код и обрабатывается автоматизированной системой контроля (АСК), а результат выводится на экран монитора. На стадии проверки происходит анализ системы и проверка всех сигналов. В случае отрицательных результатов проверки АСК оповестит об ошибке, предоставит информацию об отклонении параметров от заложенных в требованиях технических условий (ТУ), предложит варианты решения проблемы.

Автоматизированная система контроля выполняет задачи по аттестации, проверке устройства усилитель - преобразователь и проведения исследовательский испытаний. Она принимает и обрабатывает информацию, поступающую от изделия, и сигнализирует о корректной или некорректной работе проверяемого устройства.

Цель данной работы – анализ состава АСК и выявление первостепенных задач, которые необходимо решить в процессе проектирования АСК.

Структурная схема АСК представлена на рис. 1.

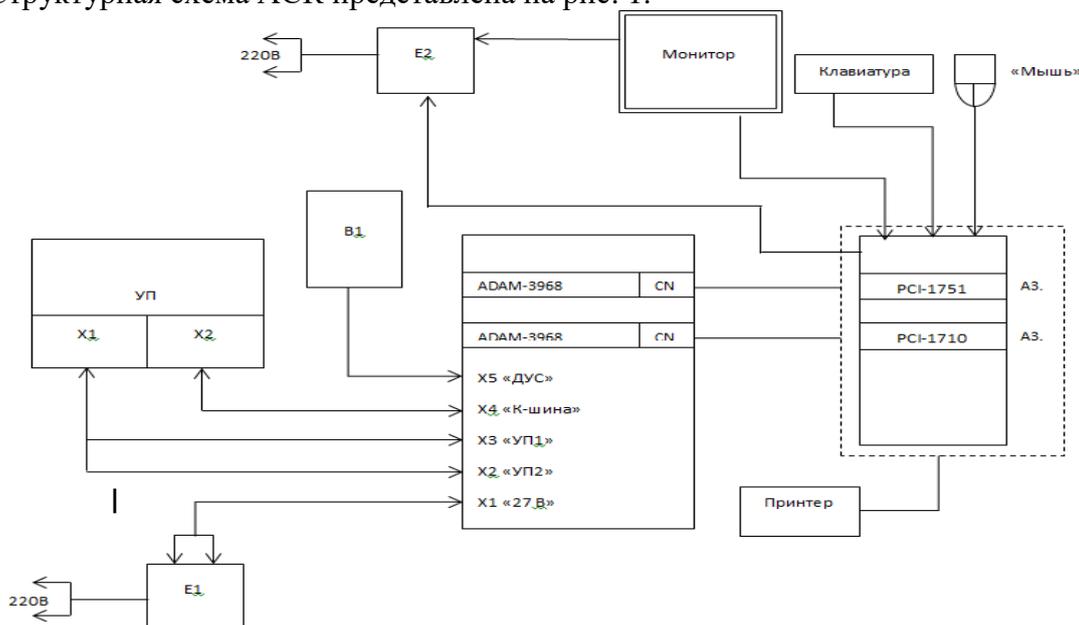


Рис. 1. Структурная схема АСК

АСК для проверки усилителя - преобразователя состоит из аппаратной и программной части. Аппаратная часть включает персональный компьютер (ПК) промышленного типа, с установленным программным обеспечением (ПО) для получения данных и печатными узлами цифрового ввода-вывода (PCI-1751, PCI-1710). Пульт ПТ-УП предназначен для съема данных с усилителя - преобразователя и датчика угловой скорости. Источник питания формирует для пульта напряжение 27В. Компьютерная периферия – это монитор, клавиатура, мышь, принтер, источник бесперебойного питания.

Программная часть включает: операционную систему (ОС) WindowsXP; комплект драйверов для интегрированных печатных узлов цифрового ввода - вывода; прикладное программное обеспечение на базе C++Builder.

В докладе представлены алгоритм работы АСК, порядок вычисления инструментальной погрешности и рекомендации по ее снижению.

УДК 621.31

НИКОЛАЕВА С.Ю.

СХЕМОТЕХНИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УКАЗАТЕЛЯ РАСХОДА ВОДЫ

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

На схемотехническом уровне, как и на этапе логического моделирования, основными задачами являются проблемы анализа. Задачи параметрической оптимизации требуют больших вычислительных затрат и применяются только к схемам небольшого размера. Принято выделять следующие основные задачи схемотехнического моделирования: расчет статического режима, переходных процессов и частотных характеристик. Современные программы схемотехнического моделирования, например, программа Altium Designer, позволяют решать и другие задачи: расчет малосигнальных передаточных функций и чувствительностей в режиме по постоянному току; спектральный анализ; расчет уровня внутреннего шума; некоторые виды многовариантного и статистического анализа [1].

Электрическая принципиальная схема указателя расхода воды построена на микроконтроллере PIC16F876A фирмы Microchip, который имеет следующие особенности:

- высокоскоростная RISC- архитектура;
- 16-бит ядро;
- КМОП технология высокого быстродействия;
- тактовая частота 20 МГц (цикл – 200 нс);
- потребление менее 0,6 мА на частоте 4 МГц, $E_p = 3В$;
- в состоянии покоя ток потребления не превышает 1 мкА;
- наличие встроенной флэш-памяти программ емкостью 8к x14 слов;
- наличие 10-бит многоканального АЦП;
- порты ввода/вывода с повышенной нагрузочной способностью (до 25 мА);
- корпус керамический DIP-28.

В настоящее время прорабатывается вопрос доступности модели данного микроконтроллера для использования в САПР Altium Designer. В то же время, поскольку данный микроконтроллер оказывает влияние только на выходные сигналы схемы указателя, предназначенные для управления индикатором, для создания модели остальной части электрической схемы его можно не использовать [2]. Для этого было решено подключить к сигнальным линиям, подводимым к выводам микроконтроллера, входные сопротивления этих выводов, данные о которых приводятся производителем.

В результате проведенного моделирования электрической схемы, построенной с принятым допущением, получены данные, незначительно отличающиеся от результатов теоретического расчета режимов элементов. Поскольку погрешность полученных результатов не превышает 2%, их можно считать достоверными.

Библиографический список

1. **Антипенский, Р.В.** Схемотехническое проектирование и моделирование радиоэлектронных устройств / Р.В. Антипенский, А.Г. Фадин. - М.: Техносфера, 2007. - 127 с.
2. **Сабунин, А.Е.** Altium Designer. Новые решения в проектировании электронных устройств / А.Е. Сабунин. – М. : Солон-Пресс, 2013.

ПЕШЕХОНОВ К.Ф., СВЕРДЛОВ Р.В.

РАЗРАБОТКА БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ АВТОПОМЫВОЧНОЙ СТАНЦИИ САМООБСЛУЖИВАНИЯ

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

С увеличением количества автотранспорта и изменения правил обслуживания автомобилей в городской черте повышается спрос на автопомывочные станции. Сегодня набирают популярность автомойки самообслуживания.

Основной задачей работы является предоставление возможности автоматизированного управления автомойкой самообслуживания в вопросах: контроля в режиме реального времени за работой комплекса автомойки; контроля текущего состояния расходных материалов; индикации и оповещения о нештатных ситуациях; повышение оперативности управления технологическим процессом; повышение глубины и эффективности анализа состояния оборудования; сокращение затрат времени на обнаружение и устранение неисправностей; контроля поступления денежных средств.

На основе проведенного моделирования и проектирования структурной схемы была разработана схема электрическая принципиальная блока управления для автоматической помывочной станции самообслуживания (БУАС) (рис.1).

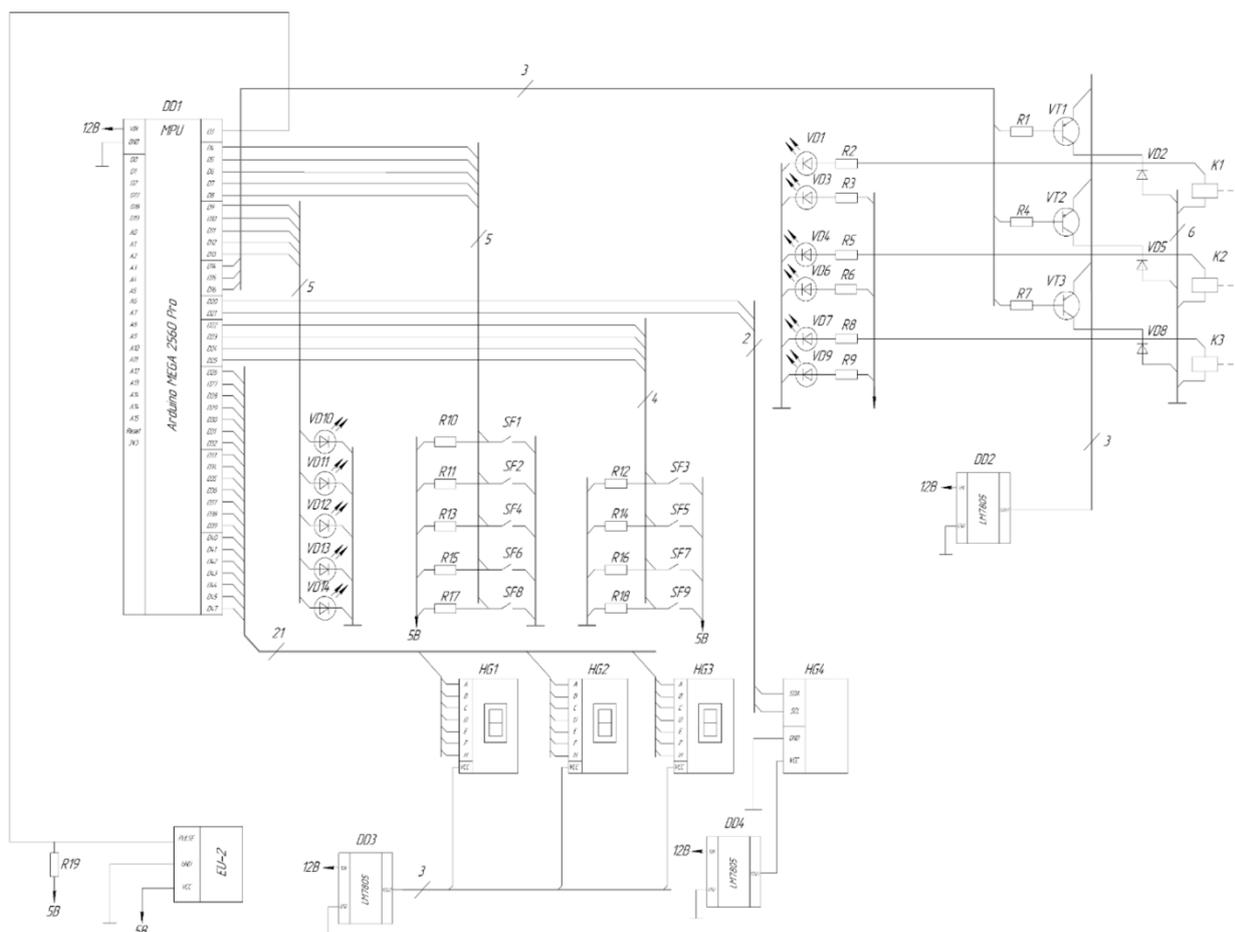


Рис. 1. Схема электрическая принципиальная блока управления

При включении питания блока загораются светодиоды «Индикация 12В» и «Индикация 5В» соответственно. Затем на 3 с загорается подсветка всех кнопок на передней панели блока – проверка работоспособности индикации кнопок.

При выборе программы срабатывают реле и загораются светодиоды на плате реле: программа №1 (кнопка SF1) = реле 1 (вода); №2 (кнопка SF2) = реле 1 + реле 2 (вода + химия 1); №3 (кнопка SF3) = реле 1 + реле 3 (вода + химия 2)

После первого запуска БУАС необходимо произвести настройки аппаратного обеспечения устройства. Для этого используются кнопки SF3, SF5, SF7, SF9. После нажатия кнопки SF3 включается режим настройки. Включается дисплей. После настройки блока управления монетоприемник ожидает монету, а микроконтроллер опрашивает монетоприемник. После приема монеты на вывод pulse подается количество импульсов, соответствующее номиналу монеты. Количество денег отображается на семисегментных индикаторах, происходит опрос кнопок выбора режима. Нажатие кнопки подает сигнал на транзисторы, соответствующие режиму работы, замыкаются контакты реле.

Светодиоды VD1- VD9 служат для индикации работы реле. Стабилизатор напряжения LM7805 используется для понижения напряжения до 12В.

УДК 621.396.

ПОЛШКОВ Р.В.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ПОВЕРОЧНОГО УСТРОЙСТВА

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

Контрольно-проверочная аппаратура составляет техническую основу войск и сил флота и во многом определяет его эффективность. Правильное ее применение по назначению, рациональная организация и совершенная технология поверки, технического обслуживания и ремонта влияют на своевременность, точность и полноту оценки тактико-технических характеристик ВВТ. Существенно повысить производительность труда и качество поверочных работ, сделать процесс поверки более объективным возможно лишь путем автоматизации процедур поверки с применением всего арсенала новейших средств автоматики, электроники и вычислительной техники.

С появлением сложных комплексов ВВТ, ужесточением требований к их боеготовности войсковые средства измерений зачастую перестали обеспечивать достоверный контроль и диагностику в отведенное время. Для реализации данных задач разработано устройство проверочное. Данное устройство предназначено для проверки приборов из состава корабельной аппаратуры, в частности для корабельного комплекса ракетного оружия.

Данная разработка относится к аппаратуре стационарных помещений и эксплуатируется в условиях, близких к нормальным, поэтому не предъявляется жестких требований по климатическим и механическим воздействиям.

С использованием САПР графических работ КОМПАС-3D V15 разработаны чертежи деталей корпуса. Разработаны сборочные чертежи устройства проверочного, необходимые для его изготовления.

В САПР радиоэлектронных функциональных узлов Altium Designer была разработана топология печатной платы. Выполнен расчет теплового режима работы и собственных частот колебаний печатной платы, также для дополнительного подтверждения расчетов проведена проверка в программе APM STUDIO.

В процессе проектирования было проведено технико-экономическое обоснование принятых решений, а также рассмотрены организационно – экономические вопросы.

Библиографический список

1. **Аристов, О.В.** Автоматизация поверки средств измерений радиотехнических измерений; под ред. Э. Ф. Макарова / О.В. Аристов, Ю.М. Белоусов, Э.Ф. Макаров. – М. : Изд-во стандартов, 1991. – 168 с.
2. **Антипенский, Р.В.** Схемотехническое проектирование и моделирование радиоэлектронных устройств / Р.В. Антипенский, А.Г. Фадин. - М. : Техносфера, 2007. - 127 с.
3. **Мычко, В.С.** Программирование технологических процессов на станках с программным управлением / В.С. Мычко. – М. : Высш. шк., 2012.

УДК 621.31

РОЖКОВ А.В.

МОДЕРНИЗАЦИЯ УСТАНОВКИ ИСПЫТАНИЙ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРОБОЙ

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

Цель работы – модернизация автоматической установки для испытаний изделий на электрический пробой, с разработкой принципиальной схемы на новой элементной базе с сохранением программного обеспечения и дополнительной возможностью его коррекции через прошивку в памяти микроконтроллера.

Установка относится к испытательному оборудованию и предназначена для испытания электрической прочности изоляции изделий напряжением от 0 до 500 В постоянного тока. Она обеспечивает следующие режимы работы: автоматический режим, ускоренный, ручной.

Структурная схема установки-аналога представлена на рис. 1. В ее элементную базу входили в основном электромеханические узлы: электродвигатель, шаговый искатель, реле, которые имеют низкую надежность и ремонтпригодность. За счет механической связи ЛАТРа с электродвигателем происходило плавное изменение напряжения от 0 до 220 В.

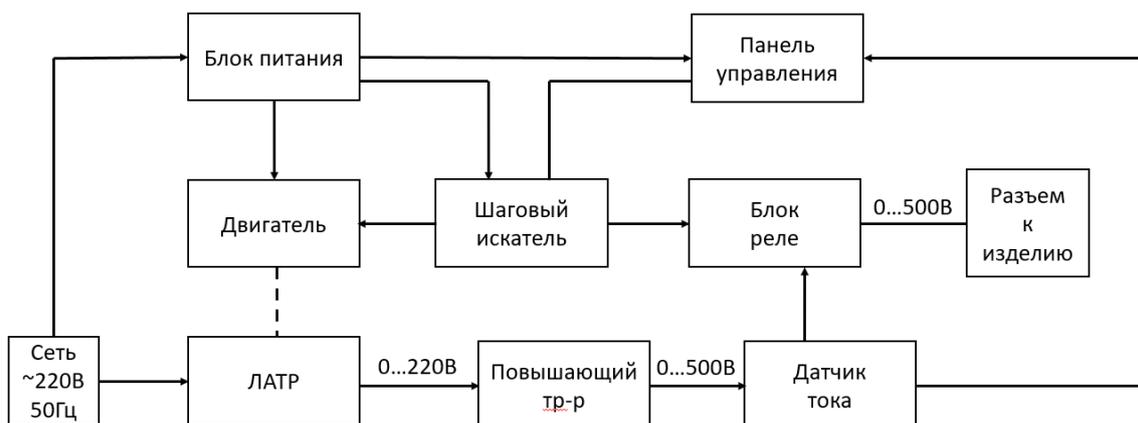


Рис. 1. Структурная схема АПУ

В разработанной установке (рис. 2) плавное повышение напряжения осуществляется за счет высоковольтного преобразователя, реализованного на ШИМ регуляторе напряжения с управлением от микроконтроллера с платы управления. Блок электромеханических реле заменен на плату коммутаций, где применяются твердотельные оптоэлектронные реле. Они же используется в качестве гальванической развязки высоковольтной части от низковольтных цепей. Модернизация установки позволила снизить энергопотребление, а также повысила надежность и ремонтпригодность устройства в целом.

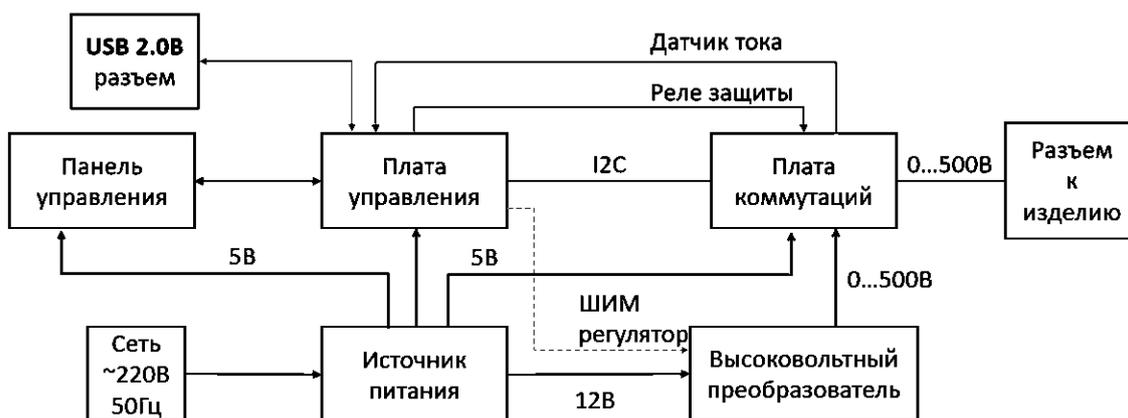


Рис. 2. Структурная схема АПУ

УДК 621.3

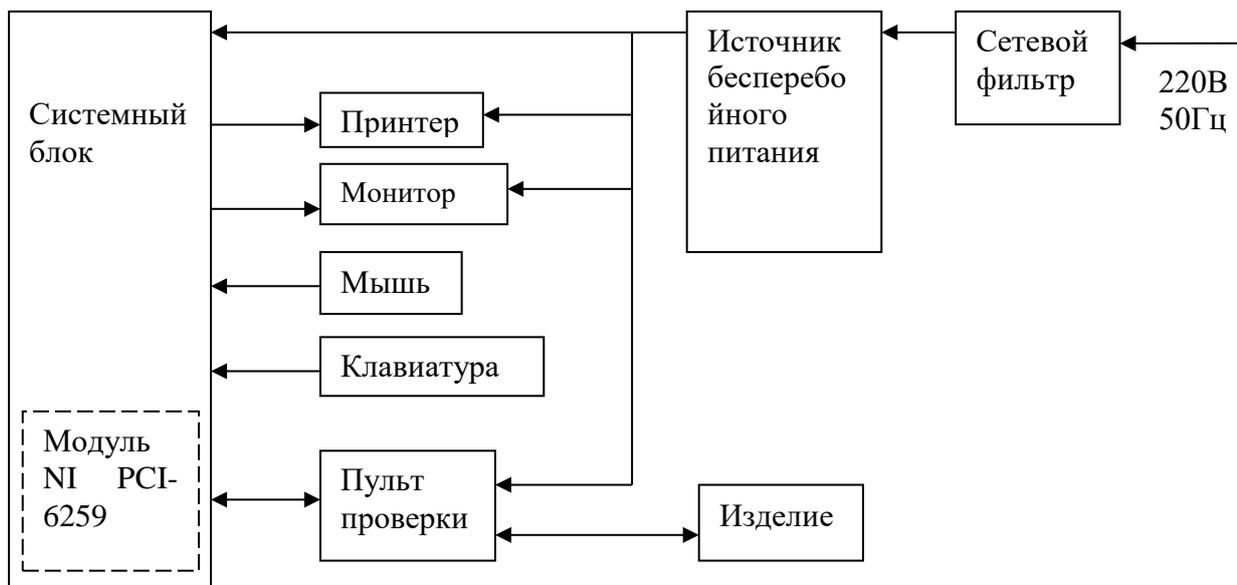
СПИРИНА А.А.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ РАБОЧЕГО МЕСТА ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ УСИЛИТЕЛЯ МОЩНОСТИ

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

Автоматизированная система контроля (АСК) рабочего места разрабатывается для регулирования параметров усилителя мощности, а также проведения предъявительских и приемо-сдаточных испытаний. АСК автоматически снимает параметры с усилителя мощности и формирует протоколы проверки согласно номеру блока и стадии проверки.

Структурная схема АСК представлена на рисунке. Она состоит из двух частей: программной и аппаратной.



Основная часть – аппаратная: высокоточная плата сбора данных, работающая на больших частотах дискретизации (находится в системном блоке); пульт управления для проверки параметров усилителя мощности. Пульт управления состоит из внутренних источников питания, а также ряда реле для автоматического переключения режимов проверки.

Программная часть разработана в среде разработки приложений и используется для создания больших систем, для обработки текстов, изображений и работы с базами данных. Она состоит из различных блоков подачи сигналов, блоков проверки для различных стадий проверки как отдельных, так и совмещенных блоков формирования протоколов.

Разработанная автоматизированная система контроля позволит исключить влияние человеческого фактора при проверке параметров блока, а также исключит ошибки при проверке и записи параметров.

УДК 621.31

СУДЬИН С.В.

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОННОГО БЛОКА С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА SOLIDWORKSSIMULATION

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

Авиационные приборы эксплуатируются в условиях воздействия климатических, механических и других факторов. Интенсивность воздействия таких факторов на приборы зависит от типа его летно-технических характеристик и места установки авиационных приборов на ВС.

Наибольшее влияние на приборы оказывают вибрационные нагрузки, одиночные и многократные удары [1]. Необходимость расчета собственных частот, а также соответствующих им форм колебаний нередко возникает при анализе динамического поведения системы под действием переменных нагрузок.

В процессе работы над магистерской диссертацией потребовалось провести инженерный расчет электронного блока на стойкость к механическим воздействиям.

Для проведения расчета была спроектирована 3D модель электронного блока. С помощью программного комплекса solidworkssimulation произведен расчет на гармоническое воздействие в диапазоне частот 20-2000 Гц с перегрузкой 2 g. Был получен экспериментальный график зависимости ускорения от частоты в контрольных точках, по которому определена резонансная частота, представленная на рис. 1.

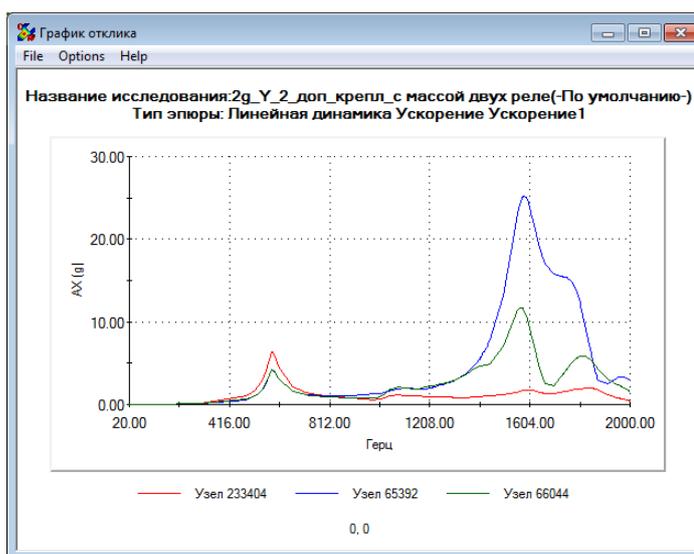


Рис.1. График зависимости частоты от виброускорения

В ходе работы была изменена конструкция блока, а именно: утолщение стенок корпуса, добавление дополнительных креплений, внесенные изменения привели к повышению надежности изделия.

Библиографический список

1. Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры: учебник для вузов / К.И. Билибин [и др.]. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 568 с.
2. Алямовский, А.А. Инженерные расчеты в Solid Works Simulation / А.А. Алямовский. – М. : ДМК Пресс, 2010. – 464 с.

УДК 621.389, 537.9

ТРУШИН С.А., ГУСЕВ А.Ю.

МАГНИТОРЕЗИСТИВНЫЙ СПИН - ТУННЕЛЬНЫЙ СЕНСОР ПОВЫШЕННОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ И РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ

Филиал ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»,
«Научно-исследовательский институт измерительных систем им. Ю.Е. Седакова»

Изменение сопротивления магниторезистивных сенсоров в зависимости от значения магнитного поля, реализованных на основе обычного анизотропного магниторезистивного эффекта, составляет не более 3 %.

В результате выполнения совместных работ «РФЯЦ ВНИИЭФ» и Института физики микроструктур РАН (г. Н. Новгород) разработаны и изготовлены экспериментальные образцы магниторезистивных спин - туннельных структур, которые обеспечивают изменение сопротивления до 110% в зависимости от величины магнитного поля.

Данные структуры получены путем применения нанотехнологий (толщина активных слоев не превышает 10 нм) с использованием технологии магнетронного напыления (рис. 1). В качестве активных слоев используются FeNiCo с диэлектрической прослойкой MgO [1-3].

Чувствительный элемент должен включать в себя TMR - структуру – магниторезистор [4], состоящий из запиннированного магнитного слоя, туннельного барьера и второго магнитомягкого слоя (рис. 2). Толщина каждого слоя и размеры структуры в целом выбираются таким образом, чтобы обеспечить реализацию туннельного эффекта в структуре при воздействии магнитного поля и возможность формирования контактов для подключения в измерительную цепь.

Полученные результаты находятся на уровне мировых достижений, которые представлены такими компаниями, как Hitachi, Honewell, NVE, ANELVA.

Результаты работы могут быть использованы для реализации элементов памяти типа MRAM.

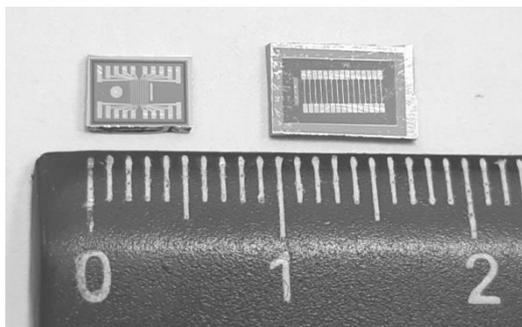


Рис. 1. Спин - туннельный магниторезистивный чувствительный элемент

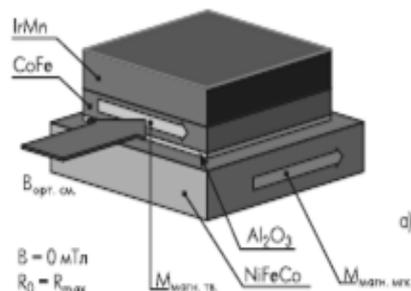


Рис. 2. TMR - структура – магниторезистор

Библиографический список

1. **Freitas, P. P.** Spintronic sensors // Proceeding of the IEEE. – 2016. – V. 104. – № 10. – P. 1894.
2. **Hirota, E.** Giant Magneto-Resistance Devices / E. Hirota, H. Sakakima, K. Inomata // Springer Series in surface science. – 2001. – № 40.
3. **Daughton, J.** Spin-dependent sensors // Proceedings of the IEEE. – 2003. – V. 91. – № 5. – P. 681.
4. **Касаткин, С.И.** Спинтронные магниторезистивные элементы и приборы на их основе / С.И. Касаткин, Н.П. Васильева, А.М. Муравьев. – М. : Институт проблем управления РАН, 2005. – 168 с.

УДК 621.396.

ЦВЕТКОВА Е.А.

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ УСТРОЙСТВА ИНДИКАЦИИ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ УПРАВЛЕНИЯ

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

В связи с усложнением бортовой аппаратуры специализированных устройств, предназначенных для применения в вооруженных силах РФ, применением в ней сложной цифровой и микропроцессорной схемотехники возрастают требования к контрольно – проверочной аппаратуре, обеспечивающей качественную проверку параметров аппаратуры электронной (АЭ). Существующие методы проверки АЭ во время производства, входном контроле или в составе изделия имеют ряд существенных недостатков, а именно – проверки АЭ на соответствие требованиям технических условий осуществляются отдельно и обладают большой трудоемкостью и длительностью.

Для выполнения перечисленных требований спроектировано устройство индикации для технологической аппаратуры управления, предназначенное для отображения вводимых с устройства ввода информации инструкций, а также контрольных команд, поступающих на вход устройства. Питание схемы осуществляется от источника постоянного напряжения $27 \pm 10\%В$ и включает в себя два источника вторичного напряжения на 5В и 27В. Кроме индикаторного устройства, прибор имеет: устройство ввода информации; устройство управления; последовательный канал связи; буферные устройства; устройства защиты от короткого замыкания; устройство чтения контрольных команд; формирователь команд.

Для получения объективной информации о параметрах и режимах работы элементов схемы блока был проведен расчет режимов работы при максимальной нагрузке радиоэлементов, расчет собственной (резонансной) частоты печатной платы с последующей проверкой с помощью САПР.

Среди наиболее часто используемых средств САПР, позволяющих моделировать электрические режимы элементов, были проанализированы такие, как Altium Designer, Electronics Workbench. Исходя из проведенного анализа возможностей перечисленных программных пакетов для моделирования схемы блока защиты нагрузки было решено применить САПР Altium Designer. Проведен теоретический расчет показателей качества конструкции. Для проверки теоретического расчета использовалась программа APM WinMachine.

С использованием пакетов автоматизации графических работ в КОМПАС-3D v15.2 разработана 3D-модель и чертежи устройства, необходимые для его изготовления.

Библиографический список

1. **Антипенский, Р.В.** Схемотехническое проектирование и моделирование радиоэлектронных устройств / Р.В. Антипенский, А.Г. Фадин. – М.: Техносфера, 2007. – 127 с.
2. **Моругин, С.Л.** Анализ теплового режима и частотных характеристик тонкопленочных аттенуаторов ВЧ и СВЧ диапазонов / С.Л. Моругин, В.Д. Садков, В.Н. Уткин // Вестник Нижегород. гос. ун-та им. Н.И. Лобачевского. Сер. Радиофизика. – 2007. – № 6. – С. 34-39.

УДК 621.391

НИКИШИН А.Е., ГОРЯЧЕВА Т.И.

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ КОМПЛЕКСА КОГНИТИВНОЙ АВИАЦИОННОЙ РАДИОСВЯЗИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время стремительно развиваются телекоммуникационные технологии, концепции сетей, задаваемых программой (SDN – Software Defined Network), сетевой менеджмент на базе политики (PBNM – Policy Based Network Management), функции виртуализации сетей (VNF), платформы радио, задаваемого программой (SDR), что создает предпосылки для коренного изменения принципов построения авиационных сетей специального назначения, которые работают в сложных условиях активного радиоподавления [1].

Технология когнитивного радио (CR) позволяет таким системам обеспечивать высокую помехозащищенность, скрытность и робастность (надежность в условиях РЭП), благодаря анализу разрешенного спектра частот, выбору полос, не занятых помехами, и переключению на них, выбору оптимальных скрытных сигнально-кодовых конструкций (СКК), работающих «под шумами», за счет расширения спектра прямой кодовой последовательностью (DSSS), улучшенного расширения спектра коррелированной перестройкой частоты (CHSS), линейной частотной модуляции (ЛЧМ) с относительными наклонами и скоростями изменения частоты в импульсе.

Для передачи мультимедиа потоков реального времени используются высокоскоростные СКК мультиплексирования с ортогональным частотным разделением и адаптивными каскадным кодированием и модуляцией (OFDM+MQAM+(1/2, 2/3, 3/4), узконаправленные антенны. Для СКК с расширением спектра, которые не создают помех другим сигналам, используется не ортогональный множественный доступ (NOMA) типа разреженного кода (кодовой книги) (SCMA – Sparse Code Multiple Access). При этом несколько пакетов разных пользователей (не более трех) передаются одновременно на одной частоте. Кодовая книга задает равномерное распределение пакетов многих пользователей в двумерном пространстве.

Архитектура CR содержит когнитивный двигатель (Cognitive Engine), принимающий решения по выбору СКК, направления и ширины луча антенны, протокола маршрутизации. Двигатель политики (PE) проверяет, может ли SDR поддерживать эти решения. CE содержит когнитивное ядро, диспетчер задач, интерфейсы с доменами пользователя, внешней среды и с платформой радио, задаваемого программой (SDR). Когнитивное ядро (Core) – мозг CR содержит: 1) аналитика для принятия решения на базе ситуации, на основе политики и экспертной системы; 2) оптимизатора для оптимизации принятого решения на базе генетического алгоритма, теории игр, марковских моделей и др.; 3) ученика для обучения на базе ситуации, нечеткой логики, усиленного обучения, нейронной сети; 4) базы знаний сценариев, политик, обучения. Когнитивная антенна (CA) увеличивает помехозащищенность, дальность (до 1000 раз), отношение сигнал/шум.

Для управления антенной CE отслеживает 3D координаты, 3D вектор скоростей и ускорений, углы (азимута, тангажа, крена) корпуса ЛА свои и соседей в радиусе прямой радиовидимости (первого шага) и второго шага. CR оценивает качество каналов связи с сосе-

дями с учетом прогноза дальности трассы на момент передачи пакета данных, с учетом коэффициентов усиления направленных антенн. Такими индикаторами качества канала являются: вероятность ошибки на бит; отношение «сигнал/шум»; отношение «сигнал/шум + интерференция»; мощность принятого сигнала; задержка и потери распространения, доплеровский сдвиг частоты.

-
1. **Dong, X.** Design and implementation of a cognitive engine functional architecture / X. Dong, Y. Li, S. Q. Wei // Chin Sci Bull. – 2012. – V. 57. – P. 3698-3704.

УДК 004.7

ПРОНИН А.В.

АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ ПОВЫШЕНИЯ ЖИВУЧЕСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ АБОНЕНТСКОГО ДОСТУПА В СЕТЯХ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И РАДИОСВЯЗИ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.А. Алексеева,
АО «Конструкторское Бюро «Кунцево»

Живучесть - свойство объекта сохранять работоспособность при отказе отдельных функциональных узлов. Живучесть сети связи характеризует ее свойство сохранения способности устойчиво функционировать при воздействии дестабилизирующих факторов, существующих вне сети и приводящих к разрушению или значительным повреждениям ее элементов (линий, станций и узлов связи) [1].

Устойчивость - способность системы (сети) связи выполнять заданные функции в установленном объеме с требуемым уровнем качества в течение определенного времени или в произвольный момент времени при воздействии различных дестабилизирующих факторов [1].

На сегодняшний день сети абонентского доступа строятся на базе различных технологий, которые принадлежат двум большим группам: проводные и беспроводные технологии. К технологиям проводного доступа, которые широко используются на данный момент, можно отнести следующие: DSL, Ethernet, PON, PLC. Из технологий беспроводного доступа хорошо известными и используемыми являются следующие: Wi-Fi, WiMAX, Сети радиодоступа (3G, 4G и др.). Рассмотрим угрозы для сетей абонентского доступа на основе модели OSI и попытаемся определить методы их решения с точки зрения повышения параметров живучести и устойчивости этих сетей.

В первую группу можно выделить воздействия физического уровня, направленные непосредственно на структуру и элементы сети. Для повышения живучести сети от таких видов угроз используют резервирование компонентов сети и каналов связи. Резервирование каналов передачи данных осуществляется с целью исключения критических узлов, отказ которых способен нарушить связность системы связи.

Воздействия на канальном уровне можно отнести во вторую группу. Угрозами на данном уровне является несанкционированный доступ к ресурсам сети, который может привести к блокировке или уничтожению соединения между отправителем и получателем. Выходом в данной ситуации является шифрование сетевого трафика абонента.

Третья группа схожа со второй. В нее входят воздействия на сетевом уровне. В основном это искусственные воздействия, нацеленные на изменения таких параметров, как адресная информация в пакетах передаваемых данных, подмена записей в базах локального интерфейса управления, подмена записей в базах множественного интерфейса. Как и в случае со второй группой, для решения этой проблемы применяют шифрование сетевого трафика абонента.

Четвертая группа объединяет в себе воздействия, направленные на транспортный уровень сети, отвечающий за прямую связь между отправителем и получателем информации. Из основных негативных воздействий выделяют следующие: нарушение и уничтожение соединения, изменение типа передаваемых данных, параметров обслуживания, связей между функциональными элементами и т.п. Для защиты соединения на транспортном уровне (ТСР-соединения) применяется система шифрования данных на стороне отправителя и дешифровка на принимающей стороне.

Пятая группа включает в себя воздействия на верхнем уровне модели OSI, обеспечивающих взаимодействие пользовательских приложений с сетью. В нее входят несекционный доступ и съем информации с каналов связи и узлов коммутации, приводящие к потере пользовательской информации и установленного соединения. Для защиты от атак данной группы используют так называемые межсетевые экраны (МСЭ). Они служат для анализа, фильтрации и контроля проходящего сетевого трафика в соответствии с заданными правилами (шаблонами).

-
1. Основы построения систем и сетей передачи информации: учеб. пособие для вузов / В.В. Ломовицкий [и др.]; под. ред. В.М. Щекотихина. – М. : Горячая линия-Телеком, 2005. - 382 с.

УДК 621.31

МЕЛЕНТЬЕВ К.П.

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ СИСТЕМЫ БЕСПРОВОДНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ К ОХРАНЯЕМЫМ ОБЪЕКТАМ

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

По мнению аналитиков компании HIS (американская технологическая компания по предоставлению критически важных данных, бизнес отчетов и аналитики), считыватели доступа будут занимать самую большую долю рынка СКУД в период с 2018 по 2024 гг., так как сегодня традиционные считыватели карт доступа считаются более надежными, чем биометрические считыватели и электронные замки. Ожидается, что рынок систем контроля доступа в указанный период будет расти с максимальными темпами, чему будут способствовать растущая индустриализацию, коммерциализацию и высокий спрос на системы безопасности.

Цель работы заключается в разработке системы управления электромеханическим замком (СУЭЗ) с помощью беспроводной технологии WI-FI. Система должна позволить пользователю управлять режимом работы электромеханического замка, устройствами светового и звукового оповещения с помощью смартфона или иного электронного устройства посредством технологии IEEE 802.11b;n, используя символьный идентификатор. Источником питания в данной системе служат солнечные панели.

СУЭЗ, отвечает за работу контактных датчиков и выдачу информации о своем состоянии на мобильное устройство, он также управляет электронными замками, входящим в состав СКУД, с использованием беспроводных технологий.

В разрабатываемой системе СУЭЗ предназначен для управления большим количеством однотипных электромеханических устройств. Он будет реализован на базе микроконтроллера, предназначенного для выполнения следующих основных функций:

- проводить постоянный опрос датчиков контроля состояния объектов и определять их состояние работы (нормальное; датчик сработал; аварийное состояние);
- формировать сообщение о состоянии датчиков охраны для передачи на центральную электронную вычислительную машину (ЦЭВМ) с указанием линии и типа обнаруженной ошибки;

- осуществлять блокировку устройства хранения ключей до восстановления нормального функционирования системы охраны;
- обеспечивать информирование оператора охраны о переходе любого датчика из нормального в аварийное состояние и о восстановлении нормального состояния после аварии;
- обеспечивать информационное взаимодействие с базовым оборудованием системы охраны;
- фиксировать основные аналоговые сигналы с биометрических считывателей с целью их преобразования в цифровой код для последующего сравнения с имеющимися данными в базе данных СКУД.

Структурная схема электрическая разрабатываемого цифрового СУЭЗ представлена на рис. 1.

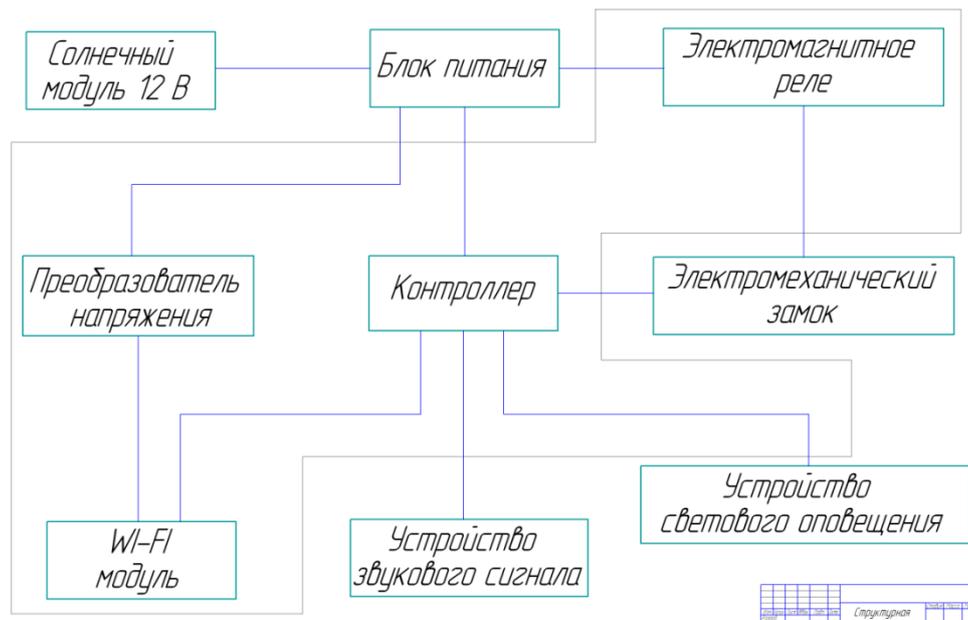


Рис. 1. Структурная схема электронного замка с управлением через Wi-Fi

УДК 681.5:004.738.5

ШАМАСНА Х.А.

КЛАССИФИКАЦИЯ ТИПОВ И МЕТОДОВ АНАЛИТИКИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ В ПРОМЫШЛЕННОМ ИНТЕРНЕТЕ ВЕЩЕЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Индустриальный интернет, или промышленный интернет вещей (IIoT), представляет собой систему объединенных компьютерных сетей и подключенных промышленных (производственных) объектов со встроенными датчиками и программным обеспечением для сбора и обмена данными, удаленного контроля и автоматизированного управления, а также поддержки принятия решений [1]. Доступные на сегодня инструментальные средства и технологии аналитики больших данных (BDA), несмотря на свое многообразие, не позволяют пока решать все возникающие задачи промышленного интернета вещей в конкретных предметных областях и отраслях промышленности. Основываясь на результатах обзора [2], проведем классификацию типов и методов аналитики больших данных в IIoT. Определим основные типы аналитических процедур и их назначение:

1. Описательная (дескриптивная) аналитика (Descriptive analytics) позволяет строить модели процессов и оценивать текущее состояние (при упрощенной трактовке – ответить на вопрос «Что случилось?»).
2. Диагностическая аналитика (Diagnostic analytics) – реализует причинно-следственный анализ («Почему событие произошло?»).
3. Предиктивная аналитика (Predictive analytics) предназначена для прогнозирования и Что-Если анализа («Что может произойти?»).
4. Предписывающая аналитика (Prescriptive analytics) обеспечивает поддержку принимаемых решений и позволяет найти ответ на вопрос «Что делать?».
5. Взаимодействие этих видов аналитических процедур может составить цикл, подобный PDCA.

По видам потоков обрабатываемых данных рассматривают аналитику на основе исторических данных (Historical analytics) и аналитику реального времени (Real-time analytics), предназначенную для онлайн обработки поступающих потоков данных. При этом наряду с обработкой в реальном времени Real Time Processing, различают обработку в квазиреальном времени (NearReal-Time) и потоковую обработку (Stream Processing).

Аналитические процедуры базируются на методах и технологиях статистики, машинного обучения (ML), интеллектуального анализа данных (Data Mining), глубинного анализа процессов (Process Mining), обработки естественного языка (NLP), интеллектуального анализа текста (Text Mining) и др.

К инструментальным средствам, обеспечивающим решение аналитических задач, можно отнести библиотеки (репозиторий) процедур обработки данных, пакеты статистического анализа данных, средства моделирования, средства визуализации, специальные системы и пакеты аналитической обработки данных.

Специфика потоков данных от различных источников и задач в различных областях применения аналитики (производство, логистика и цепочки поставок, маркетинг и продажи, научные исследования и разработки и т.д.) определяют задачу архитектурного синтеза информационно-аналитической системы промышленного интернета вещей.

Библиографический список

1. **Шамасна, Х.А.** Роль аналитики больших данных в промышленном интернете вещей / Х.А. Шамасна, Н.Г. Андре // Информационные системы и технологии (ИСТ-2020): Сборник материалов XXVI Междунар. научно-технич. конф. – Н. Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2020.
2. **Ur Rehman, М.Н.** The role of big data analytics in industrial Internet of Things / М.Н. Rehman [et al.] // Future Generation Computer Systems. – 2019. – V. 99. – P. 247-259.

УДК 004:378.1

РУБЦОВА Т.А., СЕМАШКО А.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОГНИТИВНОЙ СИСТЕМЫ АВИАЦИОННОЙ СВЯЗИ НА МАС УРОВНЕ И ВЫЯВЛЕНИЕ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ДОСТАВКИ ПАКЕТОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Вследствие большой концентрации самолетов на ограниченную площадь необходимой задачей является вопрос поддержания безопасности полета [1]. Очень важно, чтобы положение частот было тем же среди существующих частот, чтобы избежать корреляцию и перекрытие существующих занятых частот другими. Это необходимо для поддержания бесперебойной передачи информации между бортами самолетов, также между наземной станцией и бортом.

Значительная часть частотного радиоспектра не используется нигде, а могла бы быть временно занята воздушными судами для ретрансляции сообщений.

Система когнитивного радио имеет ряд преимуществ, главное из них – возможность выбора незанятых полос частот и вещание на этих полосах. Это имеет одно колоссальное преимущество – возможность перенастраиваться на наименее подавляемые частоты и вещать на них.

Кроме самолетов, эта тема весьма актуальна для сотовых абонентов, так как их число растет, и в скором будущем может не остаться выделяемых статических частот.

Необходим динамический доступ, чтобы временно занимать свободные частоты. Необходимы системы мониторинга занятости спектра или свободных временных позиций в структуре сигнала и передачи на них, исключая помехи [2].

Для когнитивного радио актуальные такие темы, как распознавание поведения пользователя с помощью компьютерного зрения, а также синтез и распознавание речи. Семантические сети тоже находят применение данной теме.

Существует соответственно несколько уровней взаимодействия когнитивных радиостанций: физический, канальный (MAC), уровень сети, уровень когнитивного помощника, уровень приложений.

Канальный уровень отвечает за передачу информации от одного сетевого объекта к другому, распознавание адресов, синхронизацию кадров. Одна из основных задач канального уровня – передача битов по каналу. Когда канал свободный, станция передает по нему пакеты, ждет какое-то время, затем выполняет повторную передачу.

Высокая мобильность влияет на вероятность доставки пакета. Изменение качества линии и отказы влияют на проектирование уровня MACсети FANET.

Проблемой передачи пакета является задержка. Особое влияние это оказывает на приложения реального времени.

Направленные антенны и полудуплексные радиоканалы с мультипакетным приемом являются решением данной проблемы.

Библиографический список

1. Национальная технологическая инициатива [электронный ресурс] // Аэронавигационный комитет союза авиапроизводителей России. – URL: <http://nti-aeronet.ru/blog/2019/08/29/ajeronavigacionnyj-komitets-ozuza-aviaproizvoditelej-rossii-o-standarte-vdl-4/>
2. **Снопко, К.А.** Интегрированная система сотовой связи и передачи данных на основе когнитивного радио / К.А. Снопко. – М., 2014. – С. 3-5.

УДК 621.396

СЮВАТКИН А.Д.

О ВЕРОЯТНОСТИ РАЗЛИЧЕНИЯ ЛОГИЧЕСКОГО 0 И 1 ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ КОМПЛЕКСА ПОМЕХ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Рассмотрена возможность уменьшения влияния сосредоточенной гармонической помехи на фоне шумов в системах приема с квадратурными каналами. На вход приемника поступает узкополосный ФМ или ЧМ полезный сигнал с аддитивной суммой шумовых помех и сосредоточенная помеха, частота которой совпадает или отличается от частоты полезного сигнала на $\Delta\omega$:

$$\begin{aligned}x(t) &= u(t) + n(t) + z(t) = (U_m + A(t) + Z \cos(\Delta\omega t)) \cdot \cos \omega t - (U_m + B(t) + Z \sin(\Delta\omega t)) \cdot \sin \omega t = \\ &= U(t) \cdot \cos[\omega t + \varphi(t)].\end{aligned}$$

Общая амплитуда $U(t)$ зависит от пар $\{A(t), B(t)\}$ и $\{U, \varphi\}$. Двумерную плотность вероятности влияния комплексной огибающей шума можно записать

$$p(A, B) = p(A) \cdot p(B) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \cdot \exp\left[-\frac{A^2 + B^2}{2\sigma^2}\right],$$

где $-A^2 + B^2 = [U \cos(\varphi) - (U_m + Z \cos(\Delta\omega t))]^2 + [U \sin(\varphi) - Z \sin(\Delta\omega t)]^2$. Плотность распределения вероятности другой пары можно представить в виде

$$p(U, \varphi) = \frac{U}{2\pi\sigma^2} \cdot \exp\left[-\frac{[U^2 + Z^2 + U_m^2 + 2U_m Z \cdot \cos(\Delta\omega t)]}{2\sigma^2}\right] \cdot \exp\left[-\frac{2U \sqrt{[U_m - Z \cos(\Delta\omega t)]^2 + [Z \sin(\Delta\omega t)]^2} \cdot \cos\left[\varphi + \arctg\left(U \frac{Z \sin(\Delta\omega t)}{U_m + Z \cos(\Delta\omega t)}\right)\right]}{2\sigma^2}\right]. \quad (1)$$

Для оценки потенциальной помехоустойчивости рассмотрим наихудшую ситуацию, когда сосредоточенная помеха либо совпадает по фазе с полезным сигналом, либо находится в противофазе. В этих случаях из анализа формулы (1) было получено, что при передаче логической 1 $p_1(U)$ и логического 0 $p_2(U)$:

$$p_1(U) = \frac{U}{\sigma^2} \exp\left[-\frac{[U^2 + (Z - U_m)^2]}{2\sigma^2}\right] \cdot I_0\left[\frac{U \cdot |Z - U_m|}{\sigma^2}\right],$$

$$p_2(U) = \frac{U}{\sigma^2} \exp\left[-\frac{[U^2 + Z^2]}{2\sigma^2}\right] \cdot I_0\left[\frac{U \cdot U_m}{\sigma^2}\right].$$

Это позволяет различать логические 1 и 0. Ошибочные решения будут тогда, когда отклик детектора в канале, по которому сигнал не передается, превзойдет отклик в верном канале.

УДК 519.7

ФЕДЯКОВ М. А., МАВРЫЧЕВ Е. А.

РАСПРЕДЕЛЕННАЯ КЛАСТЕРИЗАЦИЯ ДАННЫХ В СЕТЯХ ПО КРИТЕРИЮ НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Применение различных систем сбора данных (беспроводные сенсорные сети, видеонаблюдение, радиолокационное наблюдение) позволяет осуществлять мониторинг и контроль за состоянием природной среды, различных объектов и технических систем. Рост объемов собираемых данных создает предпосылки для разработки и внедрения параллельных и распределенных алгоритмов анализа данных и обучения [1, 2]. Распределенные алгоритмы не требуют сбора всех данных в едином центре обработки. Децентрализованная обработка данных дает возможность эффективно использовать вычислительные ресурсы узлов сети и снижает коммуникационную нагрузку.

Одной из задач машинного обучения и анализа данных является кластеризация [3], которая относится к классу задач обучения без учителя и заключается в разбиении полученных немаркированных данных на известное число классов. При работе с метрическими данными, для которых определено Евклидово расстояние, наиболее простым алгоритмом является итерационный алгоритм «K-средних», обладающий хорошей сходимостью [3]. Критери-

ем, на котором основана работа алгоритма « K -средних», является минимизация квадрата ошибки между обучающей выборкой и центроидами классов.

Целью данной работы является анализ характеристик распределенной кластеризации. Рассматривается распределенный алгоритм кластеризации, основанный на минимизации квадрата ошибки. Предполагается, что данные собираются в узлах сети, которые могут обмениваться информацией со своими соседями. Топология связей узлов может быть произвольной и описывается матрицей смежности или задается графом. В [4] предложен подход, который заключается в минимизации функции Лагранжа с дополнительными переменными, обеспечивающими консенсус центроидов, сформированных в различных узлах сети. Использование функции Лагранжа с дополнительными переменными позволяет выполнить декомпозицию оптимизационной задачи и представить ее в распределенном виде. Полученный алгоритм является децентрализованной реализацией алгоритма « K -средних».

В результате проведенного математического моделирования с использованием синтетических данных получены оценки сходимости распределенного алгоритма « K -средних» и вероятностные характеристики кластеризации. Как и централизованный алгоритм, распределенный алгоритм кластеризации чувствителен к выбору начального приближения центроидов. Показано, что при «удачном» выборе начального приближения, распределенный алгоритм обеспечивает сходимость к истинным значениям центроидов классов, при этом вероятностные характеристики приближаются к централизованному алгоритму кластеризации.

Библиографический список

1. **Predd, J.B.** Distributed learning in wireless sensor networks / J.B. Predd, S.B. Kulkarni, H.V. Poor // IEEE Signal Process. Magazine. – 2006. – V. 23. – № 4. – P. 56-69.
2. **Bertsekas, D. P.** Parallel and Distributed Computation: Numerical Methods / D. P. Bertsekas, J. N. Tsitsiklis. – Nashua, NH: Athena Scientific, 2002.
3. **Xu, R.** Survey of clustering algorithms / R. Xu, D. Wunsch II // IEEE Trans. Neural Networks. – 2005. – V.16. – № 3. – P. 645–678.
4. **Forero, P.A.** Distributed clustering using wireless sensor networks / P.A. Forero, A. Cano, G.B. Giannakis // IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing. – 2011. – V. 5. – № 4. – P. 707-724.

УДК 621.391

ЯРОВОВ Д. О., МАВРЫЧЕВ Е. А.

АЛГОРИТМ КОНСЕНСУСА В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЯХ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЕКТОРА СОСТОЯНИЯ ЛИНЕЙНОЙ МОДЕЛИ

Нижегородский государственный технический университет им. П.Е. Алексеева

Беспроводные сенсорные сети являются быстрорастущей технологией, обеспечивающей автоматизированный сбор данных для мониторинга окружающей среды и различных технических процессов [1]. Особое место занимают сети, в которых узлами являются автономные агенты, нуждающиеся в информации, получаемой от датчиков (сенсоров). Такие сети можно называть интеллектуальными сенсорными сетями. Объединение и совместная обработка сигналов в сети позволяет улучшить качество информации, получаемой агентами сети. Для таких систем оправдано использование распределенных алгоритмов обработки сигналов [1, 2]. Иногда данные алгоритмы называют полностью распределенными, подчеркивая наличие трех факторов: отсутствие какого-либо общего центра, равноправие всех узлов и формирование на каждом узле распределенной оценки информационного вектора или вектора состояния.

В данной работе рассматривается линейная модель сигнала, принимаемого сенсорами сети. Сигнал на входе сенсора представляет собой линейную комбинацию вектора состояния системы с соответствующими весовыми коэффициентами, которые образуют переходную

матрицу. Таким образом, если входные сигналы, принимаемые сенсорами сети, представить в виде вектора, то его можно выразить как произведение переходной матрицы и вектора состояния. Сигналы наблюдаются на фоне аддитивных шумов, являющихся некоррелированным процессами. Оценка вектора состояния методом наименьших квадратов представляет собой произведение псевдообратной переходной матрицы на вектор сигнала, при этом предполагается, что переходная матрица известна.

Основываясь на принципах распределенной обработки сигналов, предлагается децентрализованная реализация метода наименьших квадратов для оценки вектора состояния системы. Предполагается, что узлы сети обмениваются данными со своими соседями. Топология связей узлов может быть произвольной и описывается матрицей смежности или задается графом. Распределенная оценка вектора состояния основана на алгоритме консенсуса [2]-[4], который обеспечивает итерационное суммирование взвешенных компонент входного сигнала. Алгоритм консенсуса обеспечивает асимптотическую сходимость к оценке наименьших квадратов, если граф, описывающий топологию сети, является связанным графом. Для подтверждения качества работы алгоритма было проведено математическое моделирование, в результате получены средние значения и дисперсии оценок вектора состояния.

Библиографический список

1. **Xiao, J.-J.** Distributed Compression-Estimation Using Wireless Sensor Networks / J.-J. Xiao [et al.] // IEEE Signal Processing Magazine. – 2006. – V. 23. – № 4. – P. 27-41.
2. **Olfati-Saber, R.** Consensus problems in networks of agents with switching topology and time-delays/ R. Olfati-Saber, R. M. Murray // IEEE Trans. Autom. Control. – 2004. – V. 49. – № 4. – P. 1520-1533.
3. **Xiao, L.** A scheme for robust distributed sensor fusion based on average consensus / L. Xiao, S. Boyd, and S. Lall // Proc. 4th Int. Symp. Inf. Processing Sensor Networks, Berkeley, CA, Apr. 2005. – P. 63–70.
4. **Schizas, I.D.** Consensus in ad hoc WSNs with noisy links. Part I: Distributed estimation of deterministic signals / I. D. Schizas, A. Ribeiro, G. B. Giannakis // IEEE Trans. Signal Process. – 2008. – V. 56. – № 1. – P. 350-364.

УДК 004.023

ГУЛЯЕВА У.И.

ЭВРИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МОБИЛЬНЫХ ИНТЕРФЕЙСОВ. ОБНОВЛЕННЫЙ ЧЕК-ЛИСТ ХАРАКТЕРИСТИК

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В современном мире все большую популярность завоевывают мобильные технологии. По статистике Яндекс.Радар, почти 54% пользователей предпочитают смартфоны и 3% — планшеты в качестве инструмента для повсеместного, быстрого и удобного способа доступа к необходимой информации, тем самым подтверждая гипотезу о том, что доля мобильного трафика будет продолжать неуклонно расти. Очевидно, что вследствие этого разработка мобильных интерфейсов (как сайтов, так и приложений) набирает популярность, обусловленную необходимостью привлечения и удержания целевой аудитории во всех сферах жизни. Таким образом, встает вопрос об оценке юзабилити интерфейса как одного из ключевых аспектов в условиях конкуренции.

Для оценки юзабилити интерфейсов существует большое количество методов, применимость которых для мобильных интерфейсов была подробно изучена в [1]. Особого внимания заслуживает метод экспертной оценки – эвристическая оценка интерфейсов.

Эвристическая оценка – это оценка какого-либо продукта по некоторым выделенным характеристикам (т.н. эвристикам) при помощи нескольких экспертов независимо друг от друга с последующим объединением результатов. Отметим также, что данный метод удобен тем, что позволяет проводить оценку юзабилити на всех этапах разработки.

Одним из ключевых пунктов для успешной и качественной оценки юзабилити является формирование набора критериев, то есть самих эвристик. Первым, кто сформировал базовый набор эвристик, был Якоб Нильсен, который в 1994 г. в книге Usability Engineering выделил 10 основополагающих принципов [2] для построения интерфейсов, большинство из которых актуальны и по сей день. Следует отметить, что базовые принципы Нильсена были сформулированы для десктопных интерфейсов и не учитывают ограничения мобильных устройств (размер экрана, жестовое взаимодействие, производительность и др.). Работы Джилл Герхардт-Пауэлс [2], определившей принципы обеспечения производительности человеко-машинного взаимодействия, и исследование Сьюзен Уэйнсченк и Дина Баркера, выделивших 20 эвристических критериев [2], стали основанием для формирования новых 10 ключевых принципов юзабилити [4] и переосмысления концепции обеспечения удобства использования. В результате был сформирован новый чек-лист эвристик, учитывающий особенности мобильных интерфейсов [5], который может использоваться на практике. Данный перечень не является окончательным. В зависимости от конкретной разработки он может претерпевать изменения, дополняться или сокращаться. Следует помнить, что основу интерфейса также составляют руководящие принципы проектирования платформы разработки (гайдлайны), которые будут накладывать дополнительные ограничения.

В заключение работы даны рекомендации по использованию чек-листа в зависимости от типа интерфейса и ограничений ОС устройства, разработан алгоритм отбора эвристик для конкретной разработки с учетом ее главных особенностей.

Были рассмотрены ключевые понятия и этапы эвристической оценки, основные принципы построения интерфейсов и их эволюция, несостоятельность некоторых эвристик в условиях современности. Исходя из текущего состояния технологического развития были выделены новые основы для определения качества юзабилити, которые определили набор эвристик для мобильных систем. Данный чек-лист охватывает большой спектр возможных типов мобильных интерфейсов и в зависимости от конкретного продукта может использоваться лишь определенная его часть. В дальнейшем планируется апробация разработки на различных видах мобильных интерфейсов и различных платформах.

Библиографический список

1. Гуляева, У.И. ВКР Информационная система «Дизайн мобильных приложений» [Электронный ресурс] – URL: <https://portfolio.nntu.ru/view/id/14419>
2. Heuristic evaluation. Wikimedia Foundation, Inc., 2019. [Электронный ресурс] – URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Heuristic_evaluation.
3. Ballav, A. Nielsen's Heuristic Evaluation: Limitations in Principles and Practice // User Experience Magazine.– 2017. – No. 4
4. DeVos, J. Heuristic Principles for Mobile Interfaces. Toptal, LLC, 2019 [Электронный ресурс] – URL: <https://www.toptal.com/designers/usability/mobile-heuristic-principles>
5. Голикова, Л. Чек-лист по юзабилити: 200+ пунктов на проверку. Орехово-Зуево: ТехТерра, 2018 [Электронный ресурс] – URL: <https://texterra.ru/blog/chek-list-po-yuzabiliti-200-punktov-na-proverku.html>

УДК 621.396.674.35

БЕЛЯЕВ Г.Р., ФЕДОСЕНКО Ю.С.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА УГЛЕКОМПОЗИТНОЙ ДИПОЛЬНОЙ АНТЕННЫ ДЛЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Волжский государственный университет водного транспорта

Антенные устройства – важный элемент аппаратуры современных телекоммуникационных систем. В настоящее время такие устройства изготавливаются, как правило, из метал-

лических материалов и характеризуются относительно высоким весом, низкой коррозионной стойкостью и температурной стабильностью. Вместе с тем, для целого ряда применений указанные параметры весьма значимы, и даже критичны.

Как показали результаты экспериментальных исследований [1, 2], перспективной для таких случаев представляется альтернатива использования для создания широкого класса телекоммуникационных антенных устройств и систем материалов на основе углерода – углекомполитов.

В данном докладе представлены результаты выполненных в среде пакета ANSYS HFSS [3] исследования основных параметров цифрового двойника дипольной рефлекторной антенны из углекомполитного материала Zoltek PX35 [4]. При этом было установлено, что у цифрового двойника углекомполитной антенны для телекоммуникационных систем диапазона 530 МГц диаграмма направленности имеет явно выраженный направленный характер, и коэффициент стоячей волны в рабочем диапазоне не превышает значения 1.4.

Для сравнения в среде указанного программного пакета было проведено исследование электромагнитных характеристик цифрового «металлического» двойника антенны, идентичного по геометрическим размерам и конструктиву «углекомполитному».

Выполненные вычислительные исследования продемонстрировали работоспособность предлагаемого технического решения – расхождение значений электромагнитных характеристик «углекомполитного» и «металлического» двойников не превышает 5% и согласуется с результатами, полученными экспериментальным путем [1, 2].

Создание цифровых двойников и сравнительные исследования их электромагнитных характеристик выполнялись с использованием лицензионной версии программного пакета ANSYS HFSS, установленного в компьютерной сети кафедры «Физика и техника оптической связи» образовательного-научного института ядерной энергетики и технической физики им. академика Ф.М. Митенкова НГТУ им. Р.Е. Алексеева.

Работа выполнена при поддержке ФГБУ «Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере», программа «УМНИК-Маринет 2020», соглашение №075-15-2020-529.

Библиографический список

1. Electrodynamic Characteristics of Dipole Antennas Made of Graphene-Containing Carbon Fiber Composite Materials / N.A. Dugin [et. al.] // Journal of Communications Technology and Electronics. – 2018. – V. 63. – № 8. – P. 864-867.
2. **Беляев, Г.Р.** Антенные устройства из углекомполитных материалов // Антенны. — 2020. – Вып. 1 (263), – С. 55– 62.
3. **Курушин, А.А.** Моделирование антенн и СВЧ структур с помощью HFSS / А.А. Курушин, С.Е. Банков.– М. : Солон-пресс, 2018. – 280 с.
4. Характеристики углекомполитного материала Px 35 [Электронный ресурс]. – URL: <https://zoltek.com/products/px35/>

УДК 004.072

ЦЫГАНОВ Н.Д., МАРКОВНИНА А.И.

НАСТРОЙКА МНОГОУРОВНЕВОЙ СЕТИ НА ОСНОВЕ LINUX-СИСТЕМ. НАЗНАЧЕНИЯ ФАЙЛОВ

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева

Далеко не всегда сетевая архитектура имеет один уровень сети, где все узлы находятся в одной подсети. Для распределения нагрузки и ресурсов часто используют подсети – несколько сетей, связанных между собой узлами-шлюзами. Такие узлы имеют несколько сете-

вых интерфейсов с доступом в разные подсети и передающие пакеты информации между этими интерфейсами.

Остановимся на ручном способе настройки подсетей с помощью конфигурационных файлов и команд без использования графической оболочки для абстрагирования от разных графических версий Linux-систем.

Первым шагом необходимо выделить подсети, их взаимодействие, а также предусмотреть возможность выхода в Глобальную сеть, т.е. к этой подсети должны иметь доступ узлы из других подсетей [1].

Далее настраиваются узлы внутри каждой подсети – сетевой интерфейс узла. Настройка производится в конфигурационном файле /etc/network/interfaces. В нем указывается имя, IP-адрес, маска и адрес шлюза по умолчанию. Выделяются специальные узлы-шлюзы, имеющие несколько сетевых интерфейсов для общения с другими подсетями, т.е. узел виден в двух подсетях под заданными адресами. Так как шлюзы имеют несколько интерфейсов, необходимо разрешить пересылку пакетов между ними. Для этого следует раскомментировать строчку net.ipv4.ip_forward=1 в файле /etc/sysctl.conf.

По данному алгоритму было создано три подсети, одна из которых имела доступ к Глобальной сети через внешний маршрутизатор. Для удобства взаимодействия узлов между собой с помощью какого-либо символического имени (вместо IP-адреса) можно настроить конфигурационный файл /etc/hosts. В нем указывается IP-адрес узла и имя, по которому к нему можно обратиться. Чтобы узлы подсетей могли взаимодействовать с Глобальной сетью, необходимо настроить преобразование адресов на узле-шлюзе. Для этого используется технология NAT. Настройка производится командой sudo iptables -t nat -A POSTROUTING -o имя_интерфейса -s адрес_сети -j MASQUERADE, где имя_интерфейса – интерфейс, имеющий доступ к внешнему маршрутизатору, а адрес_сети – адрес подсети вида 0.0.0.0/x. Также на узлах подсетей требуется указать адрес DNS-сервера для доступа ко внешним ресурсам. Настройка производится в конфигурационном файле /etc/resolv.conf – nameserver IP-адрес DNS-сервера. Сервер может быть как одним из узлов в вашей сети, так и внешним, например DNS-сервер Google с адресом 8.8.8.8.

Проверку взаимодействия узлов между собой, а также с внешними ресурсами можно проверить командами ping и traceroute. Вторая команда предпочтительнее, если необходимо проанализировать маршрут прохождения пакетов данных [2].

Библиографический список

1. **Хабаров, С. П.** Сетевые технологии взаимодействия Ubuntu и Windows платформ / С. П. Хабаров, Ю. А. Жук. – СПб. : Наука и техника, 2013. - 369 с.
2. **Хабаров, С. П.** Вычислительные машины, системы и сети: учеб. пособие / С. П. Хабаров, М. Л. Шилкина. – СПб. : СПбГЛТУ, 2017. - 240 с.

УДК 004.031.42

ШКИЛЕВА В.Д.

ЗНАКОМСТВО С СЕТЕВЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ В ИГРОВОЙ ФОРМЕ

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

В современной системе образования огромную роль играют информационные технологии, которые помогают повысить качество и эффективность процесса обучения.

Особую актуальность приобретают подходы оформления электронных обучающих средств с использованием не просто Web-технологий, а с включением в учебный процесс различных игровых и соревновательных элементов [1]. Внедрение элементов игрофикации в

процесс обучения не подразумевает изменение самого образовательного контента. Изменяется только система контроля и оценки [2].

На примере изучения темы «Перспективы развития сетевых технологий» рассмотрим особенности работы с продуктом в рамках дисциплины «Информационные технологии». Основной задачей оказалась разработка электронных методических указаний, содержащих параграфы с необходимой информации по данной теме (рис. 1), порядок выполнения работы в виде игры и итогового теста для закрепления полученной информации.



Рис. 1. Пример Web-страницы электронного пособия

В течение 30 мин студенты знакомятся с материалом данных указаний. Далее приступают к выполнению задания: составить по памяти 5-10 вопросов, обязательно зафиксировать вопросы и ответы в тетради. После чего студенты размещаются по кругу (желательно по алфавиту), начинают задавать друг другу заранее придуманные вопросы. Игра прекращается, когда последний придуманный вопрос будет задан. Далее вся группа возвращается за компьютеры и проходит итоговое тестирование со случайной выборкой вопросов из базы.

Данные электронные методические указания были разработаны с помощью следующих средств: HTML, CSS и JavaScript. Продукт прошел опытную эксплуатацию в ряде групп АПИ НГТУ, был доработан в соответствии с замечаниями и пожеланиями студентов и педагогов. Сейчас он внедрен в учебный процесс (имеется акт о внедрении).

Такая форма проведения занятий очередной раз подтвердила, что игра рассматривается студентами, прежде всего, как форма общения. Студенты предпочитают коллективные игры, в процессе работы они очень активны и достаточно продуктивны в плане формулировок вопросов.

Библиографический список

1. 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.
2. Possible Approaches to Introducing Students to the History of Automatic Control: Adding Competitive Elements / N.A. Pakshina [et. al.] // IFAC-PapersOnLine.– 2016. – 49-6. – P. 180-185.

УДК 004

БУРОВА А.Г., ЕГОРОВ Ю.С.

ОБРАБОТКА ЕСТЕСТВЕННОГО ЯЗЫКА С ПРИМЕНЕНИЕМ ОБЛАЧНЫХ СЕРВИСОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время аудиокниги стали частью повседневной жизни человека. Для создание аудиокниги нужен диктор и несколько часов его работы. Кроме того, человеческие голоса имеют акценты, речевые дефекты и много других аспектов, которые могут не нравиться слушателю. Аудиокниги часто озвучиваются одним человеком, и, например, реплики женщин мужским голосом звучат, как правило, неестественно.

Решением указанных проблем может быть озвучивание текстов книг искусственно обученными голосами. На данный момент существует множество естественных голосов на разных языках, обученных на сетях Wave Net, которые сложно отличить от голоса грамотного оратора [1].

Задача синтеза текста в речь может быть решена с помощью облачного сервиса Google Text-to-Speech. Основную сложность составляет создание нейронной сети, которая будет размечать текст нужным образом, осуществлять подготовку данных для обучения и преобразования псевдо-разметки в SSML-формат.

Для обеспечения обработки естественного языка с применением облачных сервисов необходимо пройти через следующие этапы:

- сбор достаточного количества текстовых данных для датасета;
- обработка текста: разметка датасета, применение Word Embedding к входным и выходным данным;
- определение структуры нейронной сети и ее обучение;
- интерпретация выходных данных с нейронной сети в язык разметки SSML;
- использование Text-to-Speech для синтеза текста и создание аудиофайла.

Один из способов представления текста в числовом формате является Word Embedding.

Именно подход Word Embedding может считаться ключевым достижением глубокого изучения сложных проблем обработки естественного языка.

Вложения слов на самом деле представляют собой класс методов, в которых отдельные слова представлены в виде векторов с действительными значениями в заранее определенном векторном пространстве. Каждое слово сопоставляется с одним вектором, и значения вектора изучаются способом, который напоминает нейронную сеть, и, следовательно, техника часто сводится в область глубокого обучения.

Google Cloud Text-to-Speech преобразует текст в человеческую речь в более чем 180 голосах на 30 языках. Он применяет новаторские исследования в области синтеза речи (Wave Net) и мощных нейронных сетей для передачи высококачественного звука. Wave Net имеет встроенный API для пользователей.

Google Cloud Text-to-Speech API также предлагает группу голосов, генерируемых с использованием модели Wave Net, той же технологии, которая используется для создания

речи для Google Assistant, Google Search и Translate. Эта технология представляет новый способ создания синтетической речи.

Wave Net генерирует речь, звучащую более естественно, чем другие системы преобразования текста в речь. Он синтезирует речь с более похожими на человека акцентами ударениями на слоги, фонемы и слова.

-
1. Автоматическая обработка текстов на естественном языке и компьютерная лингвистика : учеб. пособие / Е.И. Большакова [и др.]. – М. : МИЭМ, 2011. – 272 с.

УДК 004.9:324

ВАСИЛЬЕВА Л.А.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ ДАКТИЛЬНЫХ ЗНАКОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Мировые исследования автоматического распознавания жестов включают в себя такие области, как распознавание образов, компьютерное зрение и т.д. Несмотря на сложность визуального анализа, жесты рассматриваются как очень важная функция во многих практических интерактивных приложениях для взаимодействия человек-компьютер.

Согласно статистике Всемирной организации здравоохранения, в мире 360 миллионов человек страдают от потери слуха, из них 32 миллиона детей.

Дактилология – это форма общения, использующая дактильную азбуку, с помощью которой транслируются движения пальцев рук в орфографическую форму. Существуют значительные различия между жестовым языком и пальцевым алфавитом.

Сенсор захвата движений LeapMotion предназначен для детектирования и трекинга положения рук в пространстве с высокой детализацией, вплоть до координат отдельных фаланг. Сенсор представляет собой портативное устройство размером 80x30x10 мм, включающее две ИК камеры и ИК подсветку. Результатом трекинга является скелетная модель руки в виде пространственных координат всех узлов с погрешностью от 25 до 60 мм (в зависимости от положения руки).

В качестве входных данных для системы автоматического распознавания дактильных знаков используется видеопоток с контроллера и координаты положения кистей. На выходе формируются результаты распознавания, дополненные текстовыми сообщениями, и индивидуальная статистика о количестве успешно распознанных знаков. Основные процессы системы осуществляются на основе базы знаний и таймера, используемого при вводе данных, с участием пользователя.

Система автоматического распознавания дактильных знаков принимает решения по изменению эталонной дактилемы в базе знаний в случае неверного воспроизведения знака в течении трех раз. Каждый жест характеризуется набором координат, необходимых для дальнейшего сопоставления. Процент отклонения от эталонных координат может изменяться от попытки к попытке, но быть не менее 50% для перехода к следующему знаку.

Пользователь в процессе изучения дактильной азбуки показывает положение кистей рук, которые распознаются контроллером. Система автоматического распознавания дактильных знаков анализирует показанные положения кистей рук на основе определенных правил дактилем. Данные, распознанные контроллером как фон для дактиля, и текущая, эталонная дактилема, статистика, текстовые сообщения отображаются пользователю.

Основные группы потребителей могут составить: специализированные учреждения социальной сферы; здоровые люди, желающие обучиться дактильной азбуке; слабослышащие и глухонемые люди.

1. Система распознавания дактильных жестов русского языка глухих / Н.С. Дорофеев [и др.]. // Известия ВолгГТУ. – 2013. – № 14 (117). – С. 42-45.

УДК 004.912

ВЫЧЕГЖАНИН С.В.

РАСПОЗНАВАНИЕ ТОЧКИ ЗРЕНИЯ АВТОРА ТЕКСТА НА ОСНОВЕ КОМПОЗИЦИИ КЛАССИФИКАТОРОВ

Вятский государственный университет

В последнее время с ростом количества пользователей сети Интернет огромную популярность получили социальные медиа: социальные сети, блоги, форумы, сайты отзывов и др. Данные ресурсы позволяют пользователям выражать свои точки зрения в форме текстовых сообщений. Например, коллекция сообщений, посвященных системе образования, может содержать высказывания авторов как в поддержку, так и против единого государственного экзамена в школах. Решением задачи извлечения такой информации из текстовых данных занимается направление компьютерной лингвистики, получившее название *распознавание точки зрения (позиции) автора текста* (англ. *stancedetection*).

Задача распознавания точки зрения автора текста заключается в определении позиции, которой придерживается автор по отношению к объекту (или объектам) обсуждения. Выделяют три основных класса точек зрения: за, против, нейтрально. Обзор исследований [1] показывает, что существующие методы решения рассматриваемой задачи имеют недостаточно высокую точность, достигая значений F1-меры, не превышающих 0,75.

В настоящей работе для решения задачи распознавания точки зрения автора текста предлагается использовать метод, основанный на композиции моделей машинного обучения (классификаторов) и процедуре N-кратной перекрестной проверки (Determining the Ensemble of Classifiers by the Cross-validation, DECCV). Предлагаемый метод состоит из двух этапов: 1) этап определения параметров классификаторов, целью которого поиск оптимальных параметров для отдельных моделей машинного обучения; 2) этап построения композиции классификаторов, целью которого поиск комбинации разных моделей машинного обучения, наилучшим образом совместно решающих задачу распознавания точки зрения автора текста.

В работе решается задача текстовой классификации на два класса точек зрения авторов: за и против. Эксперименты проводились с использованием трех текстовых корпусов, содержащих противоположные точки зрения пользователей сети Интернет по трем социально острым вопросам: вакцинация детей (1000 текстов), ЕГЭ в школе (1400 текстов) и клонирование человека (1100 текстов).

В качестве базовых классификаторов для создания композиции использовались шесть моделей машинного обучения: метод опорных векторов, наивный байесовский классификатор, метод *k*-ближайших соседей, дерево решений, адаптивный бустинг и быстрый текстовый классификатор. Для сравнения используются два простых алгоритма: 1) первый (BL1) относит текст к классу *против*, если в этом тексте присутствует слово «против», и к классу *за* в остальных случаях; 2) второй (BL2) относит текст к классу *за*, если в этом тексте присутствует слово «за», и к классу *против* в остальных случаях. В качестве наиболее сложного современного метода применяется нейронная сеть BERT, разработанная компанией Google и показывающая лучшие результаты во многих задачах обработки данных. В экспериментах используется реализация BERT из библиотеки Deep Pavlov. Оценка качества классификации осуществляется с применением процедуры пятикратной перекрестной проверки. Результаты экспериментов представлены в табл. 1.

Таблица 1. Средние значения F1-меры по пяти блокам процедуры перекрестной проверки

Метод классификации	Вакцинация детей	ЕГЭ в школе	Клонирование человека	F1-мера в среднем
BL1 / BL2	0,551 / 0,578	0,579 / 0,590	0,559 / 0,557	0,563 / 0,575
MultiBERT / RuBERT	0,780 / 0,769	0,741 / 0,750	0,728 / 0,741	0,750 / 0,753
DECCV	0,787	0,759	0,747	0,764

1. A Survey on Opinion Mining: from Stance to Product Aspect / R. Wang [et al.] // IEEE Access. – 2019. – V. 7. – P. 41101–41124.

УДК 004

ГОРОХОВ А.Н., ЕГОРОВ Ю.С., ЕГОРОВ В.С., КЕРБЕНЕВА А.Ю.,
ПРИХУНОВА А.В.

РАСПРЕДЕЛЕННЫЙ ПРЕДИКТИВНЫЙ ИГРОВОЙ ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ, УЧИТЫВАЮЩИЙ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ИГРОКА

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

В настоящее время на передний план выходят технологии создания искусственного интеллекта (ИИ), способного решать интеллектуальные задачи. Алгоритмы игрового ИИ используются в контексте игрового процесса и контроля игровых механик, не учитывая психоэмоциональное состояния игрока при поддержании целостности сюжета или динамики развития событий. Поэтому особый научный интерес представляет изучение и реализация предиктивного игрового искусственного интеллекта (ПИИИ), способного адаптировать игровой процесс к психоэмоциональному состоянию игрока.

Разработанный ПИИИ [1] может создавать и поддерживать игровой процесс, получая и анализируя поступающие данные о текущем психоэмоциональном состоянии нескольких игроков одновременно. Обработанные данные используются для принятия решений ИИ и прогнозирования с целью формирования визуальных образов и текстовых сообщений, а также изменения игровых механик и игрового процесса. Кроме того ПИИИ осуществляет накопление индивидуальной статистики и мониторинг активных действий игроков.

Создание распределенного ПИИИ требует наличия возможности подбора напарников для совместной игры с использованием различных сервисов цифровой дистрибуции компьютерных игр на основе их цифровых профилей, поэтому был разработан модуль формирования цифровых профилей с помощью предиктивной интеллектуальной системы.

В качестве исходных данных для формирования цифрового профиля игрока используются данные онлайн-сервиса цифрового распространения компьютерных игр Steam. Steam выполняет роль социальной сети для игроков. Сервис предоставляет открытый API для доступа к обезличенным данным игроков (например, библиотека купленных игроком игр, количество проведенного времени в играх и т.п.).

Собранные с использованием API сервиса Steam данные обрабатываются с целью поиска похожих цифровых профилей, которые будут выдаваться пользователям для совместной игры. Обработка и поиск цифровых профилей осуществляется с помощью самообучающихся карт (англ. Self-Organizing Maps - SOM).

Алгоритм функционирования самообучающихся карт [2] представляет собой один из вариантов кластеризации многомерных векторов. Нейроны в алгоритме SOM упорядочены в

некоторую структуру – двумерную сетку. В ходе обучения модифицируется не только нейрон-победитель, но и его соседи, однако в меньшей степени, за счет чего SOM можно считать одним из методов проецирования многомерного пространства в пространство с более низкой размерностью. При использовании этого алгоритма вектора, схожие в исходном пространстве, оказываются рядом на полученной карте.

Таким образом, программный модуль обеспечивает выполнение следующих функций: формирование цифровых профилей пользователей сервиса Steam; обработка данных цифровых профилей с использованием самоорганизующихся карт; подбор напарников для совместной игры с использованием Steam API.

Библиографический список

1. Разработка предиктивного игрового искусственного интеллекта / Ю.С. Егоров [и др.] // Информационные системы и технологии (ИСТ-2019): материалы XXV Междунар. научно-технич. конф. – Н. Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2019. – С. 424-428.
2. **Kohonen, T.** Self-Organizing Maps (Third Extended Edition) / T. Kohonen. – New York, 2001. – 501 p.

УДК004:5

ДУБОВ М.С., КАЛИНИНА Н.А., МИЛОВ В.Р., САЛТЫКОВА А.А.

РАЗРАБОТКА ВЕБ-СЕРВИСА ОТКРЫТОГО ТЕСТИРОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОЦЕДУРЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СЕМАНТИЧЕСКОЙ БЛИЗОСТИ ФРАЗ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Учитывая современную тенденцию к информатизации общества в целом и образовательных процессов в частности, важной является задача внедрения автоматизированных систем контроля знаний обучающихся.

Системы автоматизированного тестирования ускоряют процесс контроля результатов деятельности, а также могут являться источником исходных данных для формирования и последующей корректировки индивидуальных образовательных траекторий и одновременно с этим выступать средством поддержки деятельности преподавателя в сфере построения учебных материалов с использованием обратной связи, полученной в процессе тестирования групп обучающихся. По результатам тестирования можно выделить перечни вопросов, освоенных (в среднем) в меньшей степени. Для разделов учебного курса, соответствующих слабо освоенным вопросам, может быть предложена переработка материала и/или увеличение времени, отведенного на рассмотрение данных вопросов в курсе.

Системы тестирования с открытыми вопросами обладают преимуществами перед закрытыми системами, поскольку позволяют получать ответ испытуемого без предоставления ему какой-либо дополнительной информации за исключением текста самого вопроса. На сегодняшний день системы тестирования не предоставляют механизмов автоматизации оценки уровня знаний в случаях, когда ответ в виде сложной конструкции из одного или более предложений.

На кафедре «Электроника и сети ЭВМ» ведется разработка собственной системы открытого тестирования. Для автоматизации оценки свободных ответов на открытые вопросы необходима разработка процедуры анализа семантической близости вариантов определений. В базе данных системы тестирования хранятся эталонные ответы и ответы обучающихся, оценки за которые (в баллах) выставлены экспертами (преподавателями). С помощью разработанного алгоритма определяются коэффициенты семантической близости между вновь полученным ответом и содержащимися в базе данных вариантами ответов на заданный вопрос. Определение семантической близости вариантов ответов начинается с лемматизации – при-

ведения слов к начальной форме. Затем применяется фильтр, отсекающий слова, которые не влияют на контекстный смысл фразы. После получения всех векторов слов, содержащихся в анализируемом ответе, выполняется попарное сравнение с векторами слов из ответа, содержащегося в базе. Оценка близости отдельных слов, составляющих ответы, осуществляется с помощью косинусной меры близости и модели Word To Vec. Затем с помощью модифицированного решающего правила метода ближайших соседей определяется итоговая оценка близости анализируемого ответа и рассматриваемого на данной итерации ответа из базы данных, формируется оценка (балл) за текущий ответ. Если достаточно близких ответов в базе не найдено, происходит отказ от принятия решения в автоматическом режиме и преподавателю предлагается оценить ответ в ручном режиме. Параметры алгоритма, реализующего предложенную модификацию метода ближайших соседей, оцениваются с помощью перекрестной проверки. Аналитический модуль позволяет проводить статистическое исследование качества знаний испытуемых и учебных материалов, что дает возможность исследовать динамику ответов испытуемых с течением времени.

На основе предложенных процедур определения семантической близости и автоматизированного оценивания свободных ответов разработан веб-сервис, который находит применение для проведения промежуточной аттестации студентов кафедры «Электроника с сети ЭВМ» в условиях дистанционного обучения.

УДК 004

КАЛАШНИКОВА М.В., ЕГОРОВ Ю.С., САПОН Е.В.

СИСТЕМА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРОЦЕССА КОНТРОЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ ВОДИТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,
Нижегородский радиотехнический колледж

По данным МВД, в Российской Федерации используется 43 тыс. автомобилей каршеринга, а также более 400 тыс. такси. Каждый год с участием данных видов транспорта происходит до 5 тыс. ДТП, при этом с автомобилями каршеринга ДТП происходят в 4,5 раза чаще, чем с личными. По статистике 30% пассажиров и 22% водителей не пристегиваются вообще, хотя использование ремней безопасности, по словам экспертов, снижает риск тяжелых травм и гибели в 2-3 раза при фронтальном столкновении, в 1,7 раза – при боковом, в 5 раз – при опрокидывании автомобиля. Следует отметить, что более 60% погибших в результате ДТП в 2019 г. были не пристегнуты ремнем безопасности.

Разрабатываемая система направлена на улучшение контроля безопасности водителей и пассажиров, а также сведение к минимуму возможности воспользоваться автомобилем каршеринга человеком, не имеющим на это право.

Научной новизной будут обладать следующие результаты проекта: методы и модели поддержки принятия решения, алгоритмы анализа видеоизображения. Все это позволит своевременно выявлять факты нарушения ПДД, а также будет способствовать улучшению временных и вероятностных характеристик процесса идентификации лиц.

На данный момент машинное зрение уже активно применяется, например, в потоке автоматически определяется номер автомобиля, его марка, и нарушает ли водитель правила дорожного движения, а также фиксируется дорожная разметка [1].

С целью повышения безопасности управления автомобилем в проекте предлагается осуществлять контроль правильного положения ремня безопасности, а также действий, сопутствующих его пристегиванию, так как в настоящее время у водителя существует возмож-

ность обмануть как датчик внутри автомобиля, так и дорожную камеру, что зачастую приводит к трагическим последствиям.

Система должна выполнять следующие основные функции: определение лица водителя и сравнение его с личностью человека, подавшей заявку на управление автомобилем; принятие решения о допуске к управлению транспортным средством; фиксация момента пристегивания и наличие ремня безопасности.

Область применения разрабатываемой системы – краткосрочная и долгосрочная аренда автомобилей. Основную группу потребителей будут составлять компании, предоставляющие автомобили в аренду.

Для работы предлагаемой системы потребуется IP-камера, после настройки которой необходимо собрать датасет для обучения нейронной сети. Для распознавания водителя потребуется несколько его фотографий, еще несколько сотен кадров можно получить через IP-камеру с помощью библиотеки алгоритмов компьютерного зрения OpenCV. Библиотека открыта, ее можно бесплатно использовать как в учебных, так и коммерческих целях.

Реализация предлагаемого подхода позволит снизить процент нарушений и повысить безопасность управления автомобилями каршеринга.

Работа выполнена за счет средств гранта Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере по программе «УМНИК».

1. Обнаружение дорожной разметки с помощью машинного зрения/ А.В. Остроух [и др.] // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2019. – № 3. – С. 10-19.

УДК 004.414

КВАСОВ А.С.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ НОВОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРЕДПРИЯТИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Несмотря повсеместную автоматизацию бизнеса, проблема создания новой информационной системы (ИС) предприятия остается актуальной в связи с возрастающими требованиями к ИС как самого бизнеса, так и регуляторов, в том числе в рамках импортозамещения и повышения информационной безопасности. Процесс внедрения новой ИС может занять до нескольких лет, что может привести к устареванию ИС на момент внедрения, изменению бизнес-процессов и пр. С целью оптимизации процесса создания новой ИС необходимо соблюдать последовательность этапов данного процесса. В крупной организации ИС находится во взаимодействии со всеми ресурсами, участвующими в сборе, управлении, использовании и распространении информации. В первую очередь это сама информация, СУБД, прикладное программное и аппаратное обеспечение, в т.ч. носители информации. Кроме того, в процессе создания ИС необходимо учитывать также квалификацию сотрудников, которые будут ее использовать и программистов, разрабатывающих и дорабатывающих ее. Такой широкий набор факторов, влияющих на принятие решения и выбор ИС, требует детальной проработки и всестороннего анализа.

Как известно, жизненный цикл ИС – это непрерывный процесс, начинающийся с момента принятия решения о создании ИС и заканчивающийся в момент полного изъятия ее из эксплуатации. Автор предлагает следующие этапы, связанные с созданием новой ИС.

1. Техничко-экономический анализ. Этот этап касается анализа потенциальных областей применения ИС, определения экономической эффективности сбора информации, проведения предварительных исследований затрат и выгод и определения сложности бизнес-процессов. Создание новой ИС не должно создавать слишком большой финансовой нагрузки и призвано обеспечить экономию в процессе ее эксплуатации.

2. Сбор и анализ требований к ИС. На этом этапе собираются подробные требования к ИС путем взаимодействия с потенциальными пользователями для выявления их конкретных проблем и потребностей, определяются зависимости между существующими приложениями, возможности интеграции.

3. Реализация. Выбирается или разрабатывается ИС в соответствии требованиям, выработанным на втором этапе, осуществляется внедрение ИС, заполнение баз данных необходимой информацией, проводится тестирование в форме опытной эксплуатации. Проверяется соответствие ИС требованиям пользователей и бизнеса, подтверждаются критерии эффективности производительности. Миграция данных из старой ИС обычно является самым трудоемким процессом, требующим предельной аккуратности и точности, поскольку на этой информации будет основана работа предприятия.

4. Развертывание, эксплуатация и обслуживание. Этому этапу может предшествовать перевод пользователей из более старой ИС и их обучение. Операционная фаза начинается тогда, когда все функции системы находятся в рабочем состоянии и проверены. По мере появления новых требований, они проходят все предыдущие фазы, пока не будут проверены и включены в ИС. На этапе эксплуатации ИС наиболее важными действиями являются мониторинг ИС и ее обслуживание.

Таким образом, сокращению длительности данного процесса может способствовать детальная проработка проектной документации по внедрению ИС, подбор высокоэффективной команды внедрения и работа с персоналом, а также распараллеливание процессов. Эффективное, экономически обоснованное внедрение ИС позволит решить задачу оптимизации бизнес-процессов, развития предприятия и удовлетворения требований потребителей продукции или услуг, а также регуляторов. Помимо решения текущих задач и обеспечения экономической эффективности, это позволит в будущем обеспечить интеграцию с другими ИС предприятия и внешними он-лайн сервисами.

УДК 004

КЕРБЕНЕВА А.Ю., ЕГОРОВ Ю.С., АЛЕКСЕЕВ В.В., ЧУПРОВ Д.А., МАРОВ А.В.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И ОБРАБОТКА БОЛЬШИХ МАССИВОВ ВИДЕОМАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ГЛУБОКОГО МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

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

В настоящее время активно развиваются научные направления, связанные с интеллектуальным анализом (Data Mining) и обработкой больших объемов накопленных данных (Big Data). Одной из перспективных сфер является видеоаналитика, позволяющая получать новые и практически полезные знания.

Разрабатываемая система интеллектуального анализа и обработки больших массивов видеоматериалов предназначена для обеспечения возможности идентификации личности и аннотирования видео.

Идентификация личности осуществляется несколькими последовательно применяемыми алгоритмами. Исходная видеозапись обрабатывается путем анализа каждого кадра. На основе захваченного кадра $x(n)$ и обработанного ранее $y(n-1)$ происходит обнаружение лиц. Обнаружение позволяет определить местоположения лиц в кадре, которые используются для распознавания личностей. Результаты распознавания применяются для последующего сопровождения распознанной личности. Обработанный кадр с выделенными в рамки лицами $y(n)$ сохраняется в модуле памяти для анализа следующего поступающего кадра. Аннотирование видеозаписи осуществляется при анализе каждого кадра, сохраняя результаты обра-

ботки в текстовый файл. Структура системы идентификации личностей для аннотирования видеозаписи представлена на рис. 1.

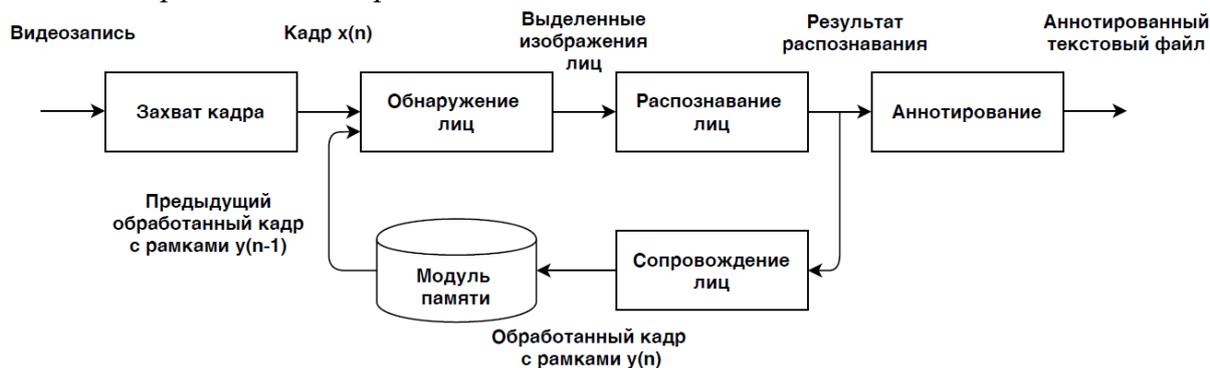


Рис. 1. Структура системы идентификации личностей

В результате обработки кадра сохраняются в текстовый файл номер кадра, отметка времени, *id* распознанной личности, координаты верхнего левого угла рамки по осям x и y , длина рамки по оси x , высота рамки по оси y .

В качестве подхода к решению задачи идентификации лица человека предполагается использовать каскады сверточных нейронных сетей [1] для обнаружения лиц и сиамские сверточные нейронные сети [2] для вычисления признакового описания. Выбор метода сопровождения лиц будет проведен по результатам анализа существующих алгоритмов.

В разрабатываемой системе также предполагается использовать мини-максную нормализацию векторов признаков и сравнивать их путем расчета Евклидова расстояния.

Библиографический список

1. Joint Face Detection and Alignment using Multi-task Cascaded Convolutional Networks / K. Zhang [et al.] // Computer Vision and Pattern Recognition. 2016.
2. **Schroff, F.** FaceNet: A Unified Embedding for Face Recognition and Clustering / F. Schroff, D. Kalenichenko, J. Philbin // Computer Vision and Pattern Recognition. 2015.

УДК 681.3

КУДРЯШОВА Е.А.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПЕРЕДАЧИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ О ПЕЧАТНЫХ УЗЛАХ ИЗ ВНЕШНИХ СИСТЕМ В SAP ERP

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

В настоящее время невозможно представить деятельность любого предприятия без наличия автоматизированных систем. Автоматизация производственных процессов повышает производительность труда и контроль над выполнением трудовых функций работниками предприятия, исключая человеческий фактор. Трудности автоматизации в приборостроении заключаются в отсутствии непрерывной технологии. Производственный процесс представляет собой совокупность дискретных, разнообразных технологий. [1]

В связи с этим крупномасштабные предприятия приборостроения, как правило, имеют несколько информационных систем, и проблема их интеграции становится все более актуальна, ведь каждая система должна иметь гибкую архитектуру для реализации процесса объединения. Интеграция решает множество проблем, касающихся удвоения данных, большого количества коммуникаций внутри предприятия, и т.д. [2]

Предприятие «НЗ 70-летия Победы» имеет две основные информационные системы: IPS и SAP ERP. IPS – система для работы технологов и конструкторов, позволяющая созда-

вать и хранить данные технологических процессов, необходимые для изготовления продукции. SAP ERP – система, которая хранит в себе маршрут изготовления изделия с момента получения обрабатываемых материалов со склада до момента выпуска готовой продукции и не нуждается в глубокой детализации технических данных. SAP ERP обеспечивает полную функциональность, необходимую для реализации информационных сервисов самообслуживания, аналитики, управления финансами и оперативной деятельностью.

Для выполнения технологической подготовки производства используются следующие объекты технологической информации: технологический процесс и его версии, операции и трудовые нормы, цеха и участки, расцеховочный маршрут, маршрут обработки, необходимые инструменты, оснастка, заготовки и оборудование.

На предприятии технологическая информация по изготавливаемым печатным узлам из внешней системы IPS в систему SAP ERP передается вручную. Используемый метод имеет ряд недостатков, а именно: требуются большие временные затраты на проверку загружаемых технологий, разделение технологического процесса (ТП) изготовления печатных узлов по разным производственным цехам и участкам. Ручное формирование и перегрузка спецификаций, технологических операций, версий технологических карт также снижает количество перегружаемых ТП и повышает уровень ошибочных действий.

На основе изложенного предлагается автоматизировать процесс передачи технологической информации о печатных узлах из IPS в SAP, снижающий время, затрачиваемое на получение данных в системе SAP ERP для их дальнейшей обработки. Тем самым снижается уровень влияния человеческого фактора на процесс загрузки технологических данных при значительном повышении качества выполненных работ.

Автор выражает благодарность научному руководителю профессору Ямпурину Н.П. за внимание к работе и ценные замечания по ее улучшению.

Библиографический список

1. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: учеб. для вузов / Н.М. Капустин [и др.]. – М. : Вышш. шк., 2004. – 415 с.
2. Интеграция с ERP-системой [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.directum.ru/blog-post/888>

УДК 004

МЕТЕЛЬКОВ Н.А., ЕГОРОВ Ю.С., ДУБОВ М.С.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ОСЕЙ КООРДИНАТНОГО СТОЛА СТАНКА С ЧПУ НА ОСНОВЕ ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЯ ЗАГОТОВКИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Числовое программное управление – это компьютеризованная система управления, управляющая приводами технологического оборудования. В настоящее время доминирует концепция открытых систем ЧПУ, построенных на базе персонального компьютера [1]. Применение станков с ЧПУ в производстве повышает уровень его автоматизации, так как вмешательство оператора в работу станка сводится к минимуму. Однако много процессов все еще остаются неавтоматизированными, в частности, большинство станков портального типа с ЧПУ до сих пор требуют присутствия человека-оператора для выполнения операций позиционирования инструмента над заготовкой.

Разрабатываемый программный модуль предполагает на основе видеоизображения, полученного с установленных на инструменте камер, находить базовую точку заготовки и посылать команды на перемещение в нее. Под базовой понимается точка, координаты которой равны 0 по всем осям.

Для решения задачи распознавания заготовки по видеоизображению применяются функции открытой библиотеки компьютерного зрения OpenCV.

В начале работы с программным модулем камеры должны быть откалиброваны, в частности, перспектива должна быть исправлена так, как если бы камера была направлена перпендикулярно плоскости станка. Производится это отметкой четырех точек некоего прямоугольника, расположенного на поверхности станка и видимого камере. Затем с помощью функций OpenCV рассчитывается проективное преобразование этих точек на точки края кадра. Отметкой точек выбирается отрезок плоскости, равный реальному 1 см, и точка плоскости, над которой расположен инструмент. Дальнейшие операции выполняются над изображением с исправленной перспективой.

Поиск заготовки на видеоизображении происходит при помощи поиска ее границ. Для этих целей используется реализация алгоритма Кэнни из библиотеки OpenCV. На вход алгоритма поступает предварительно обесцвеченное и размытое изображение, на выходе – изображение, на котором белыми контурами на черном фоне отмечены найденные границы. Толщина контуров увеличивается, чтобы исключить разрывы, затем контуры извлекаются в массивы точек. Чтобы исключить контуры-шумы, из них находится самый длинный и он считается границей заготовки. На нем находится нижняя правая точка – базовая точка.

Задача передача команд координатному столу решается посредством СОМ-порта компьютера, в который включается контроллер станка. У контроллера запрашивается статус, включающий в себя текущие координаты инструмента. Они складываются с координатами базовой точки относительно откалиброванной точки инструмента, переведенными в миллиметры, и отправляется G-Code команда на перемещение в них.

Данный программный модуль применяется на производстве, использующем портальные станки для резки по металлу.

-
1. **Сосонкин, В.Л.** Системы числового программного управления: учеб. пособие / В.Л. Сосонкин, Г.М. Мартинов. – М.: Логос, 2005. – 296 с.

УДК 004

ПОЛИКАРПОВА А.А., КАЛИНИНА Н.А.

МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ ЦЕЛЕВОГО КОНТЕНТА И ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Информационные системы – один из главных и надежных помощников человека в любой сфере его деятельности. Сегодня любая система обрабатывает большие (а не редко и гигантские) объемы информации за несколько секунд (миллисекунд), а результаты поиска могут включать несколько сотен материалов. Однако с каждым годом человеку все сложнее ориентироваться и обрабатывать все материалы, содержащиеся в результатах поиска. Часто это связано со слабо- и неструктурированной информацией и нехваткой времени у пользователя на ее обработку.

С целью повышения эффективности использования материалов информационно-справочных систем (ИСС) предлагается применение специального метода формирования целевого контента (контента ИСС, соответствующего цели пользователя, представленной в виде поискового запроса).

Предлагаемый метод основан на задаче о рюкзаке 0-1 вследствие аналогии преследуемых целей. Жадный алгоритм выбран в качестве основного способа решения по следующим критериям: вес предмета (информационного элемента (ИЭ)) – трудоемкость освоения, измеряемая в часах (рекомендуется использовать вещественный тип числа); требуется высокая

скорость выполнения операции; предполагается работа с большим количеством документов; абсолютная точность решения не требуется.

Алгоритм работы метода формирования целевого контента ИСС

Входные данные: результаты процедуры поиска и ограничение на суммарную трудоемкость целевого контента. Выходные данные: целевой контент.

1. Вычисление удельной ценности (отношение показателя полезности данного элемента для достижения поставленной цели к его трудоемкости) каждого файла из результатов поиска.
2. Сортировка списка результатов поиска по удельной ценности файлов.
3. Заполнение целевого контента файлами с наибольшей удельной ценностью до достижения ограничения на общую трудоемкость (или до исчерпания доступных файлов).
4. Вывод целевого контента на экран.

Исследовательский прототип ИСС, в котором реализован рассматриваемый метод, обладает семантическими связями между хранимыми ИЭ, что позволяет использовать алгоритм Демукрона (алгоритм топологической сортировки) для упорядочивания отобранных материалов в последовательности их эффективного восприятия.

Степень полезности материала (значение принадлежит отрезку $[0,1]$, где 0 – не имеет ценности для данной цели, 1 – очень важен) и трудоемкость его освоения (измеряется в часах) оцениваются и выставляются экспертами. По этой причине в исследовательском прототипе предусмотрена возможность ручного редактирования указанных параметров.

Тестирование прототипа ИСС показало, что результаты поиска в системе стали содержать наиболее полезный материал, который можно изучить за отведенное на обучение (ознакомление) время. Временных задержек в работе системы в результате внедрения метода не выявлено.

Применение предлагаемого метода формирования целевого контента ИСС может быть полезно для различных категорий людей: стажеров/молодых работников компаний/предприятий; школьников/студентов в период самообразования и т.д.

УДК 681.518.5

ПРИХУНОВ А.С.

ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ОТКАЗОВ РЛК НА ОСНОВЕ СЕКВЕНЦИАЛЬНОГО АНАЛИЗА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Благодаря техническому диагностированию становится возможным определение состояния технического объекта. Качественно построенная система контроля позволяет обеспечить успешную эксплуатацию объекта на протяжении длительного времени без возникновения в нем отказов. Автоматизированная система контроля входит в состав радиолокационного комплекса и обеспечивает автоматический контроль готовности и функционирования аппаратуры, а также контроль поисковой с возможностью диагностирования отказов [1, 2].

Контроль функционирования обеспечивает непрерывный контроль всех систем изделия. Каждая система имеет свой набор элементов, за которыми происходит постоянное наблюдение. Такие элементы называются элементами непрерывного контроля (НК). Элемент НК имеет свое значение, позволяющее описать его состояние. Это значение может меняться под воздействием определенных входных данных – команд с набором определенных параметров. В процессе реагирования системой на входное воздействие происходит изменение значений и состояний элементов НК, которое фиксируется в процессе мониторинга. Для

установления причинно-следственных связей отказов, а также появления неожиданных результатов отработки команд изделия предлагается использовать секвенциальный анализ.

Для анализа последовательности необходимо наличие большого объема данных – транзакций от разных источников. В результате отработки команды будет происходить изменение элементов НК. Под транзакцией будем понимать набор элементов НК, измененных за один промежуток времени в результате входных воздействий. Каждый элемент транзакции содержит список (набор) элементов НК. Главным идентификатором элемента НК является его номер источника и номер элемента. Так как именно входные воздействия, команды, провоцируют появления новых транзакций, содержащие в себе измененные элементы НК, такие команды будем называть авторами транзакций. Как и в случае с корзиной покупателя, каждый автор транзакции имеет свой уникальный идентификатор. Имея достаточно большую выборку таких транзакций, можно сформировать последовательности, которые содержат в себе наборы одновременно измененных элементов НК.

Результатом секвенциального анализа является шаблон последовательности. Шаблон последовательности – это такая последовательность, которая содержит в себе наборы, часто встречающиеся в транзакциях. При этом учитывается порядок следования наборов в последовательности [3]. Секвенциальный анализ такой выборки позволяет определить причину появления незапланированного результата отработки команды, который отражается в изменениях элементов НК. В случае неисправности какого-либо элемента анализ последовательности отобразит зависимость изменения состояния элемента в худшую сторону.

Библиографический список

1. 23. ГОСТ Р 27.002-2009 Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. – М. : Изд-во стандартов, 2009.
2. **Клюев, В.В.** Деграция диагностики безопасности / В.В. Клюев. – М. : Спектр, 2012.
3. A Survey on Algorithms for Mining Frequent Itemsets over Data Streams [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.cse.ust.hk/faculty/wilfred/paper/kais06.pdf>

УДК 004

ПРИХУНОВ А.С., ЕГОРОВ Ю.С., ЧУПРОВ Д.А., АЛЕКСЕЕВ В.В., ЯМУШЕВА О.В.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРЕДИКТИВНОГО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АГЕНТА ДЛЯ ПЕРСОНАЛИЗАЦИИ КОММЕРЧЕСКИХ ПРЕДЛОЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ЛИЧНОСТИ

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

Практически любая компания, занимающаяся продажей готовой продукции, сталкивается с необходимостью определения целевой аудитории и ценностных предложений. При этом ориентация на группу потребителей не сказывается положительно на конверсии, так как при таком подходе не учитываются индивидуальные особенности и предпочтения конкретного человека, а также, как правило, тяжело достоверно оценить степень доверия потребителя торговой марке, его платежеспособность и социальную среду.

Предлагаемая технология персонализации коммерческих предложений различных категорий товаров с использованием интеллектуального программного агента должна обеспечивать анализ профилей целевой аудитории товара в социальных сетях, создавать цифровой образ потенциального потребителя, прогнозировать его поведение и осуществлять поддержку принятия решений по повышению вовлечения, ROI и конверсии интернет-площадок на основе полученных данных.

Технология позволит оценить виртуальный профиль каждого потенциального потребителя из целевой аудитории, в т.ч. выявить ключевые для конкретного производителя характеристики этого потребителя (например, пол, возраст и т.п.), оценить его социальную среду (построить граф контактов с выявлением закономерностей), оценить сетевую активность (например, прошлые покупки на интернет-площадке конкретного производителя, просмотры схожих товаров и т.п.), а также выполнить прогнозирование поведения пользователя с использованием моделей и правил базы знаний (например, на основе меток геолокации определить типовые помещаемые места, на основе хештегов - предпочтения и интересы и т.п.), чтобы в итоге сформировать уникальные индивидуальные предложения (персональные скидки, особые условия обслуживания и т.п.), которые позволят повысить эффективность маркетинга и конверсию конкретной интернет-площадки [1].

Технология комплексной поддержки принятия решений с использованием предиктивного интеллектуального агента для персонализации коммерческих предложений на основе цифрового двойника личности позиционируется как не имеющая аналогов на Российском рынке. Близкими аналогами являются person-based системы аналитики и программные инструменты для различного вида анализа.

Программное обеспечение предиктивного интеллектуального агента для персонализации коммерческих предложений на основе цифрового двойника личности должно состоять из трех основных модулей. Модуль ввода данных должен обеспечивать связь и доступ к социальным сетям, модуль обработки данных – реализацию функций предиктивного интеллектуального агента рекомендательной системы и системы комплексной поддержки принятия решений, модуль вывода данных – интерактивную визуализацию данных.

Адаптация технологий интеллектуальной обработки данных, предиктивной аналитики и машинного обучения под цели цифрового распространения контента с учетом индивидуальных особенностей потребителя в контексте формирования цифрового двойника его личности представляет отдельный научный интерес.

-
1. **Калинина, Н.А.** Структурирование и представление контента в информационно-справочных и аналитических системах / Н.А. Калинина, Ю.С. Егоров, В.В. Мусонов // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2013. – № 7. – С. 33-38.

УДК 004; 811

САЛТЫКОВА А.А.

РАЗРАБОТКА КАРТЫ КОНЦЕПТОВ ДЛЯ ПРОЦЕДУРЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СЕМАНТИЧЕСКОЙ БЛИЗОСТИ СИНТАГМ ЕСТЕСТВЕННОГО ЯЗЫКА С УЧЕТОМ СИНТАКСИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Обработка естественного языка – комбинированное направление информационных технологий и математической лингвистики. С точки зрения лингвистики, синтагма (в рассматриваемом здесь смысле) – это фраза из двух и более слов с определенными синтаксическими связями.

Предметная область данного исследования – обработка текстов естественного языка. Предмет исследования сужает рамки обработки текста до семантико-синтаксического анализа. Таким образом, при формировании карты концептов нами выбраны объекты предметной области, относящиеся к математической лингвистике и области информационных технологий. На рис. 1 приведен фрагмент карты концептов для процедуры определения семантической близости синтагм естественного языка с учетом синтаксических связей.

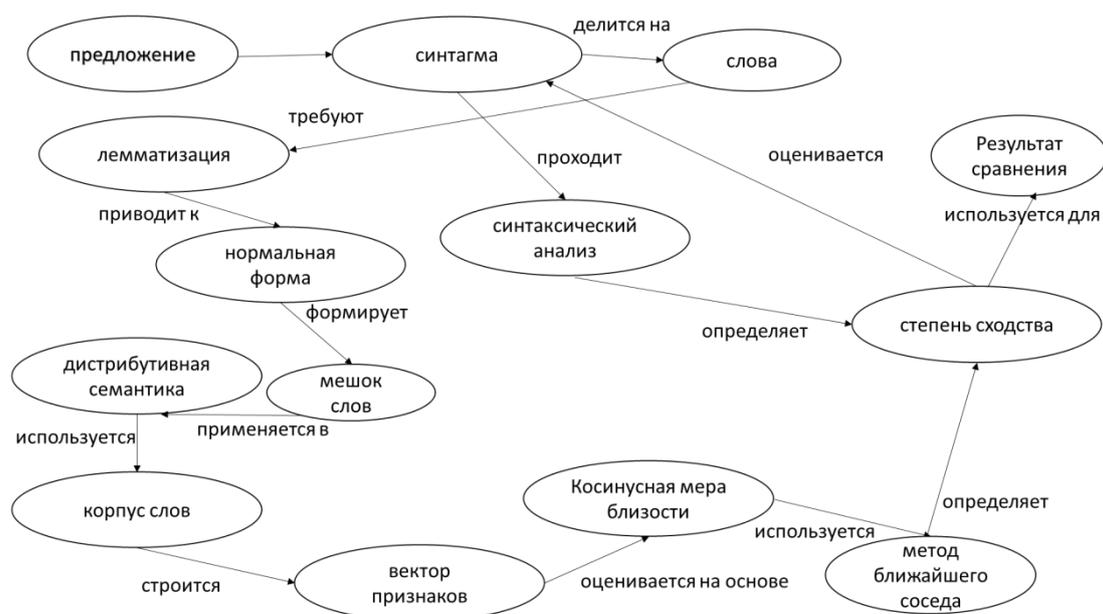


Рис. 1. Карта концептов

Карта концептов отражает семантические связи между понятиями предметной области. Из нее видно, что анализ синтагм происходит по двум направлениям: синтаксический анализ и дистрибутивная семантика. Дистрибутивная семантика определяет степень частотности совместного использования слов в фразе, степень сходства фраз. Но, поскольку предварительно осуществляется лемматизация (приведение слов к нормальной форме), дистрибутивная семантика имеет дело с мешком слов, где не учитывается синтаксическое строение фразы. Корпуса слов, используемые для дальнейшего построения векторов признаков, кроме начальной формы слова, дают информацию по части речи, к которой принадлежит слово. Однако, имея дело с мешком слов, такой метод дает неточные результаты без учета связи слов в предложении, вследствие чего целесообразна оценка синтагм с точки зрения синтаксиса для выявления наиболее близких по смыслу фраз.

Таким образом, конечный результат формируется исходя из результатов анализа и семантики фразы и ее синтаксиса.

УДК 004.031.42

ТИМКОВА С.В.

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ПО КУРСУ «ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

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

Для современного мира требуются современные решения. С развитием компьютерных технологий нельзя не использовать все их преимущества в учебном процессе. Одним из подходов является применение электронных средств обучения на базе мобильных приложений. Направление создания мобильных приложений в XI в. стремительно развивается и становится очень популярным как за рубежом, так и в нашей стране. Сейчас мы не можем представить себя без мобильного телефона, а мобильные приложения – средства осуществления эффективной работы с данным устройством.

Одно из преимуществ электронных средств обучения, а особенно встроенных в мобильное устройство, – отображение информации в удобном для пользователя виде. Студент может смотреть на задание в телефоне и одновременно выполнять его на ПК. А также для

большей наглядности существует возможность внедрения аудио- и видеоматериалов. Нельзя не отметить легкость в тиражировании и компактность таких обучающих средств [1, с. 495].

Перед автором была поставлена задача разработать мобильное приложение по курсу «Информационные технологии», – электронный учебно-методический комплекс, основой которого являются методические указания к лабораторным работам. Главные темы методических указаний: создание различных по сложности оформления Web-страниц, начиная с основ и заканчивая достаточно серьезными заданиями.

Выбор тем не был случайным. Не следует недооценивать вес знаний по созданию Web-ресурсов. Визуальная часть Web-ресурсов очень важна. При отсутствии приятных для глаза цветов на экране, при излишней анимации на страницах пользователи предпочтут не выбирать ваш продукт, несмотря на его полезность [2, с. 72].

В продукте имеются все необходимые теоретические сведения и задания, что позволяет организовать самостоятельную работу студентов. Нужно будет лишь получить номер варианта от преподавателя. Для повышения эффективности работы в систему включены материалы по проверке правильности полученных результатов, а также подсказки для выполнения заданий.

Не игнорируются также возможные проблемы внедрения мобильных приложений в учебный процесс, а именно: отвлечение на игры, музыку и т.п. при отсутствии мотивации. Но такие отрицательные стороны все больше вдохновляют разработчиков на совершенствование своих продуктов. Необходимо сделать учебный процесс увлекательным и интересным для студентов, найти эффективные способы привлечения внимания обучающихся к иногда утомительному для них учебному процессу, помочь им узнать больше информации и многому научиться с помощью мобильных средств. В настоящее время продолжается работа в этом направлении.

Библиографический список

1. **Тимкова, С.В.** Учебно-методический комплекс по курсу «Информационные технологии» // Наука молодых: сб. материалов XII Всеросс. научно-практич. конф. – Арзамас, 2019. – С. 494-501.
2. **Пакшина, Н. А.** Введение в компьютерные технологии обучения / Н.А. Пакшина. – Нижний Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2011. – 199 с.

УДК 621.039

ХУДЯКОВ И.С., ВОРОШИЛОВ А.А., ВЛАСИЧЕВ Г.Н.

ОБЗОР РАЗЛИЧНЫХ ПРОГРАММ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ АЭС И ИХ ПРИМЕНИМОСТЬ ДЛЯ АНАЛИЗА МАНЕВРЕННЫХ РЕЖИМОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В современной российской практике применяются различные программы для моделирования работы АЭС. В основном подобные работы проводит «НИЦ «Курчатовский институт» с использованием таких программ, как ИР-2007 [1], БИПР-7А [2], ПЕРМАК-А [3]. Подготовка констант для расчета производится в программе ТВС-М [4].

В данное время на АЭС с ВВЭР существуют программы нейтронно-физических расчетов – имитатор реактора (ИР) и БИПР-7А. В отличие от БИПР-7А, программа ИР ориентирована на выполнение функции информационной поддержки оператора АЭС в режиме реального времени. Обе эти программы производят расчеты критической концентрации борной кислоты без опоры на данные ионизационных камер, в результате этого могут возникать неточности в ее определении. Кроме того, из-за инерционности систем ввода чистого конденсата подпитку первого контура необходимо прекратить не менее чем за 15 мин до достижения

минимально контролируемого уровня мощности, а эти программы не производят расчет времени до выхода в критическое состояние.

В современном моделировании АЭС используется комплекс, а иногда комплексы программ для различного рода расчетов. Например, комплекс программ КАСКАД предназначен для проведения эксплуатационных нейтронно-физических расчетов активных зон реакторов типа ВВЭР [5].

В состав комплекса входят следующие основные компоненты:

- программа БИПР-7А – предназначена для выполнения крупносеточного трехмерного расчета активной зоны ВВЭР;
- программа ПЕРМАК-А – предназначена для выполнения мелкосеточных (потвэльных) малогрупповых двумерных диффузионных расчетов;
- программа ПИР-А – предназначена для обработки эксплуатационных данных, восстановления трехмерных полей энерговыделения и сопоставления результатов измерений с расчетом;
- программа ПРОРОК-А – обеспечивает решение в интерактивном режиме задачи оптимизации перегрузки реактора ВВЭР при заданной номенклатуре кассет, загружаемых в активную зону;
- ХИПИ-А – система хранения и поиска информации, обеспечивает взаимодействие программ, входящих в комплекс.

Таким образом, видно, что в современных подходах к созданию моделей АЭС применяется комплексный подход с активным использованием вычислительной техники, что позволяет уменьшить число затратных и весьма опасных экспериментов.

Сейчас развитие компьютерных технологий дает возможность моделировать некоторые процессы в реакторе в реальном времени, предсказывать поведение установки в целом и выдавать рекомендации по управлению АЭС оператору. Современные модели АЭС представляют собой комплексы программ, такие как КАСКАД, в которых налажена передача данных из одного модуля в другой, что обеспечивает связанные расчеты как первого, так и второго контура, включая основное оборудование АЭС и дополнительные контуры теплообмена. Именно эта особенность чрезвычайно важна для расчетно-теоретического обоснования работы энергоблока в маневренных режимах работы. Именно в маневренных режимах работы, особенно в режиме первичного регулирования частоты, необходимо производить совместные расчеты первого и второго контура АЭС, так как подразумевается управление энергоблока за счет обратных связей как по температуре, так и обратных связей от турбоустановки.

Библиографический список

1. Аттестационный паспорт программного средства ИР 2007 (Версия 1.3), рег. № 341 от 21.11.2013. – М., 2013.
2. Аттестационный паспорт программного средства БИПР-7А (версия 1.5), рег. № 613 от 31.07.2008. – М., 2008.
3. Аттестационный паспорт программного средства ПЕРМАК-А (версия 1.5), рег. № 240 от 23.09.2008. – М., 2008.
4. Аттестационный паспорт программного средства ТВС-М (версия 1.4), рег. № 239 от 23.09.2008. – М., 2008.
5. Алгоритм идентификации состояний активной зоны ВВЭР-1000 с помощью метода главных компонент / А.И. Аль-Шамайлах [и др.]. – М. : НИЯУ МИФИ, 2018.

УДК 004.023

АБРОСИМОВ К.И., ЛЬВУТИНА Т.В., СУРКОВА А.С.

ВЛИЯНИЕ ОПЕРАТОРОВ СЕЛЕКЦИИ И КРОССИНГОВЕРА НА КАЧЕСТВО ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В таких современных прикладных задачах и технических тенденциях, как машинное обучение и интеллектуальный анализ данных, требуется решать множество задач оптимизации. Для решения было изобретено огромное количество алгоритмов от градиентных до эвристических. Один из самых эффективных и актуальных эвристических алгоритмов поисковой оптимизации – генетический алгоритм, основанный на принципах генетики и естественного отбора. Ключевыми особенностями генетического алгоритма являются три основополагающих оператора: кроссинговера, селекции и мутации. При этом существует множество модификаций данного алгоритма.

В рамках работы исследовалось влияние выбора типа селекции и кроссинговера на качество генетического алгоритма в поиске максимального значения. Качество измерялось в количестве необходимых итераций алгоритма для поиска максимального значения для функции $f(x) = \sin(3x) \cdot (80 - x^2)$ на отрезке от -10.0 до 10.0. Данная функция выбрана, потому что весьма сложная для оптимизационных алгоритмов, так как имеет большое количество локальных максимумов. На рис.1 представлен график данной функции.

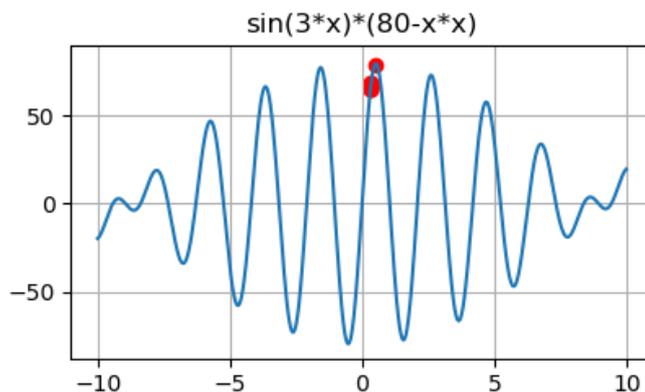


Рис. 1. График функции

В исследовательской работе были реализованы и проверены на практике пять самых известных и распространенных видов селекции: случайный выбор, выбор колеса рулетки, стохастическая универсальная выборка, турнирный выбор и ранговый. *Случайный выбор* заключается в случайном выборе особи в популяции для дальнейшего развития. *Выбор колеса рулетки* считается основной селекцией в классическом генетическом алгоритме: для каждой особи высчитывается отношение полученного значения фитнес-функции к сумме фитнес-функции всех особей. Представляя каждое такое значение как часть рулетки, которая раскручивается, и выбирается особь для дальнейшего развития. Чем больше эта часть, тем наиболее вероятно данная особь продолжит свое существование. *Стохастическая универсальная выборка* – усовершенствованный метод колеса рулетки, только точек отсчета не од-

на, а несколько. В нашем случае реализовано, что вся рулетка делится на столько же секций, сколько и особей планируется получить после селекции, и уже внутри каждой секции происходит выбор. *Ранговый выбор* – все особи сортируются по возрастанию по значению фитнес-функции и им присваивается ранг от 1 до n , после чего происходит выбор колеса рулетки по рангу. *Турнирный выбор (N-Way)* – случайно выбираются N особей из популяции и продолжает развитие лишь лучшая из них. В рамках исследования был реализован и проверен 3-Way турнир.

Был произведен эксперимент: с каждым типом селекции запускался алгоритм 100 раз, после чего был построен график. Параметр «тип селекции» изменяли в рамках «классического» генетического алгоритма: 20 особей в популяции, односточечный кроссинговер с вероятностью 0.5 и вероятностью мутации 0.15. Полученный график представлен на рис.2. Как можем заметить, наибольший разброс значений в выборке имеет ранговый выбор, а наименьший – выбор колеса рулетки. Медианы у выбора колеса рулетки, стохастической универсальной и 3-Way примерно на одном уровне, что означает – половине запусков алгоритма хватало порядка 30 итераций для нахождения максимального значения.

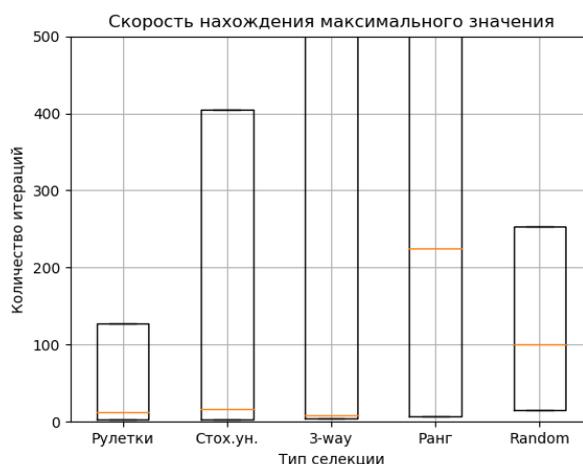


Рис.2. Влияние типа селекции на генетический алгоритм

Также был произведен эксперимент с оператором кроссинговера. Был реализован m -точечный кроссинговер и единый. M -точечный кроссинговер – случайно выбирается m точек пересечения, после чего полученные сегменты чередуются для дочерних особей. Единый кроссинговер рассматривает каждый ген отдельно и для дочерних особей выбирается соответствующий случайный ген. Эксперимент производился на 100 запусках, с теми же параметрами, что и выше. Постоянный тип селекции – выбор колеса рулетки. На рис.3 представлен график. Наилучшим образом себя показал 2-точечный и 5-точечный кроссинговер: и разница между первым и третьим квартилем небольшая, и медианы приблизительно равны 10-15 итерациям.

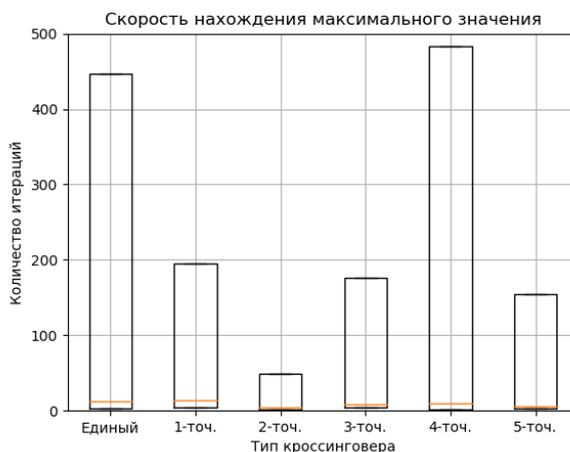


Рис. 3. Влияние типа кроссинговера на генетический алгоритм

Однако на рисунках представлены лишь те запуски, которые приводили к нахождению глобального максимума. Также в рамках исследования, было определено, что в среднем, независимо от типа селекции, 29% всех запусков находили лишь локальные максимумы.

В результате выполнения исследовательской работы был реализован генетический алгоритм с параметрами. Также произведены эксперименты, которые показали, что наиболее точными видами селекции являются: выбор рулетки, стохастическая универсальная, а также турнирная селекция. В ходе проводимых опытов удалось выяснить, что наилучшие показатели имеют двух- и пятиточечный кроссинговеры, именно они позволяют быстрее найти решение. В качестве продолжения данной работы планируется проведение экспериментов со смешанными типами селекции и кроссинговера.

Библиографический список

1. **Goldberg, D.E.** Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning / D.E. Goldberg. – Addison-Wesley, reading, MA. – 1989.
2. **Пилинский, М.** Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / М. Пилинский, Д. Рутковская, Л. Рутковский. – М. : Горячая линия, 2004. – 452 с.
3. **Скобцов, Ю.** Эволюционные вычисления / Ю. Скобцов, Д. Сперанский [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.intuit.ru/studies/courses/14227/1284>

УДК 004.912

ЛЬВУТИНА Т.В., АБРОСИМОВ К.И., СУРКОВА А.С.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ КАЧЕСТВА КЛАССИФИКАЦИИ ТЕКСТОВ ОТ КРИТЕРИЕВ ОТБОРА ПРИЗНАКОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АЛГОРИТМА РОККИО

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

За последние 20-25 лет появился широкий круг задач автоматической обработки текстов. Это связано с постоянно повышающимся количеством документов в цифровой форме. Одной из таких задач является классификация текстовых данных – задача разделения текстов на естественном языке по тематическим классам из заранее определенной выборки. Когда появилась необходимость классифицировать большое количество документов с высокой скоростью, на смену дорогостоящей ручной обработке пришло машинное обучение, где производится автоматическое построение текстового классификатора с помощью обучения на наборе заранее классифицированных документов. В последнее время было предложено большое количество методов классификации текстов, однако их качество сильно зависит от выбранного способа определения значимости терминов.

Данная работа посвящена выявлению наиболее подходящих критериев для составления словаря значащих признаков и их оптимальных значений при использовании алгоритма Роккио.

На начальном этапе решения задачи классификации необходимо отобрать из текста такие термины, которые повысят качество классификатора. Требуется разместить в словарь токенов все слова, имеющие высокое значение «важности для разбиения по категориям/классам». Для определения «важности» термина и способа ее вычисления используют разные подходы:

1. *Документная частота (DF)*. Самая простая и вполне эффективная техника оценки «важности терминов для классификации» основана на том, что значительное число значащих терминов данного класса встречаются в малом числе документов, а наибольшую информативность имеют термины со средней или высокой частотой, если предварительно были удалены стоп-слова.
2. *Взаимная информация (MI)*. Величина взаимной информации термина t и класса c :

$$MI(t_k, c_j) = \log_2 \frac{P(t_k, c_j)}{P(t_k) \cdot P(c_j)}.$$

Недостаток взаимной информации заключается в том, что ее значение сильно подвержено влиянию безусловной вероятности терминов. Если два термина имеют одинаковую условную вероятность, более высокое значение MI будет у более редкого. Следовательно, значения взаимной информации несравнимы для терминов с существенно различающейся частотой встречаемости в документах.

3. *Информационная выгода (IG)*. Этот показатель измеряет количество информации о принадлежности классу c , которое несет наличие/отсутствие термина t :

$$IG(t_k, c_j) = \sum_{c \in \{c_j, \bar{c}_j\}} \sum_{t \in \{t_k, \bar{t}_k\}} P(t, c) \cdot \log_2 \frac{P(t, c)}{P(t) \cdot P(c)}.$$

Мера информационной выгоды достигает своего максимум, когда термин является идеальным индикатором класса, то есть присутствует в документе тогда и только тогда, когда документ принадлежит классу. При заданном обучающем множестве для каждого термина вычисляют значение IG и удаляют такие термины, значение информационной выгоды которых ниже некоторого заранее выбранного порогового значения.

4. *Критерий хи-квадрат (CHI)* используется для проверки независимости двух случайных событий: появление термина X и появление класса Y .

$$CHI(t_k, c_i) = \sum_{c \in \{c_j, \bar{c}_j\}} \sum_{t \in \{t_k, \bar{t}_k\}} \frac{(P(t, c) - P_{exp}(t, c))^2}{P_{exp}(t, c)}.$$

где $P(t, c)$ – наблюдаемая на обучающем множестве; $P_{exp}(t, c)$ – ожидаемая при условии, что термин и класс являются независимыми.

Величина критерия CHI позволяет судить о том, насколько наблюдаемая и ожидаемая вероятности зависят друг от друга. Если CHI принимает значение, равное нулю, то можно говорить, что класс и термин независимы. В отличие от взаимной информации критерий CHI нормализован, что позволяет сравнивать между собой его значения для разных термов одной категории.

Для решения задачи классификации текстов существует несколько алгоритмов. В данной работе рассмотрен алгоритм Роккио, который рассматривает документы в векторном пространстве терминов и ищет границы между классами как множества точек, равноудаленных от центроидов этих классов. Центроидом класса называется усредненный вектор, или центр масс членов класса,

$$\mu_{c_i} = \frac{1}{D_{c_i}} \sum_{d_i \in c_i} d_i.$$

Граница между двумя классами в многомерном пространстве терминов имеет вид гиперплоскости. Правило классификации заключается в определении области, в которую попадает новый документ, то есть в поиске центроида, к которому образ нового документа ближе, чем к остальным центроидам.

Эффективность классификатора характеризует его способность принимать правильные решения по классификации текстов. В качестве параметра, характеризующего классификатор, в работе выбрана доля документов, по которым классификатор принял правильное решение (Аккуратность, или Accuracy):

$$A = \frac{T_P + T_N}{T_P + T_N + F_P + F_N}.$$

Для оценки качества классификации в зависимости от величин пороговых значений критериев DF , MI , IG , CHI был произведен эксперимент (рис.1).

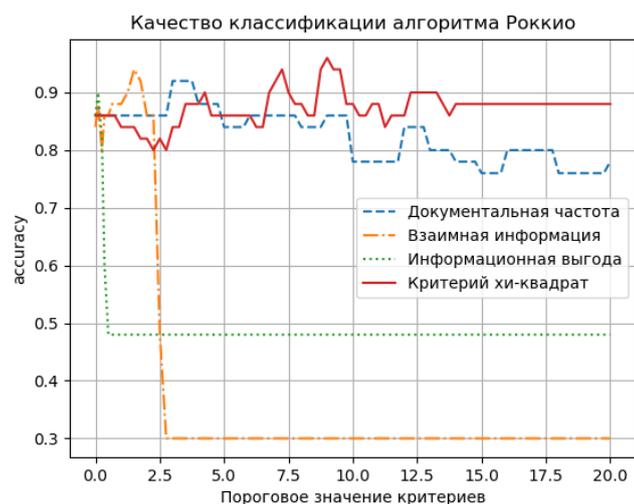


Рис.1. Качество классификации в зависимости от пороговых значений DF , MI , IG , CHI

Опыты проводились на тестовой выборке, состоящей из 50 текстов. Для обучения алгоритмов использовалось 270 уникальных текстов, разделенных на 5 классов. В ходе эксперимента изменялся критерий для выбора значащих слов и его пороговое значение.

Анализируя результаты эксперимента, можно отметить, что наиболее устойчивым параметром является критерий CHI . С ростом величины порогового значения CHI из текста отбрасываются слова менее «характерные» для данного класса. Следовательно, качество классификации увеличивается. Критерий DF также достаточно стабильный. Однако улучшение классификации наблюдается с ростом порогового значения лишь до некоторого оптимального значения, дальнейшее увеличение ведет к появлению ошибок при классификации документов. На практике часто используют пороговое значение, равное 1-5 документам. Более «чувствительными» к росту порогового значения оказались параметры MI и IG . Увеличение значений этих критериев свыше оптимального/пикового ведет к резкому ухудшению качества классификации документов.

В работе изучен и реализован алгоритм Роккио, применяемый для решения задачи классификации текстовых документов. Также рассмотрены различные способы отбора терминов, имеющих высокое значение «важности» для разбиения по классам. Эксперименты показали зависимость качества классификации от величин пороговых значений критериев DF , MI , IG , CHI , с помощью которых составляется словарь токенов. Наиболее хорошие результаты дает применение параметра CHI . Однако и для других критериев существуют их оптимальные пороговые значения, при которых качество классификации достаточно велико.

В качестве продолжения работы по данной теме можно рассмотреть другие алгоритмы классификации (алгоритм k -ближайших соседей, опорных векторов, наивный байесовский классификатор) и выявить качество классификации этих алгоритмов в зависимости от пороговых значений критериев DF , MI , IG , CHI .

Библиографический список

1. Автоматическая обработка текстов на естественном языке и компьютерная лингвистика: учеб.пособие / Большакова Е.И. [и др.]. — М. : МИЭМ, 2011. — 272 с.
2. Баранов, А.Н. Компьютерная лингвистика / А.Н. Баранов // Большая российская энциклопедия : в 35 т. — М. : Большая российская энциклопедия, 2004 — 2017.
3. Боярский, К. К. Введение в компьютерную лингвистику: учеб. пособие / К. К. Боярский. — СПб: НИУ ИТМО, 2013. — 72 с.
4. Lomakina, L.S. Naïve Bayes Modification for Data Streams Classification/ L.S. Lomakina, A. N. Subbotin, A. S. Surkova // Proceedings of the Thirteenth International MEDCOAST Congress on Coastal and Marine Sciences, Engineering, Management and Conservation (MEDCOAST 2017). — 2017. — V. 2. — P. 805-814.
5. Абросимов, К.И. Сравнение качества наивного Байесовского классификатора и алгоритма Роккио при анализе текстов / К.И. Абросимов, Т.В. Львutiна, А.С. Суркова // Информационные системы и техно-

УДК 004.622

МАЛЯКИН А.П., ЦАПАЕВ А.П.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ ПРОИЗВОДСТВА

АО «ОКБМ Африкантов»

Автоматизация технологической подготовки производства (ТПП) является одним из ключевых направлений развития машиностроительных предприятий. Работы в данной области в настоящее время ведутся с применением методов искусственного интеллекта. Приоритетность решения задач в области цифровой трансформации установлена в целях развития России до 2030 г. Анализ текущего состояния уровня автоматизации ТПП показывает, что внедрение цифровых технологий может сократить длительность процессов и увеличить производительность труда инженерно-технических работников минимум в два раза, высвобождая специалистов от рутинных задач. В рамках работ по автоматизации ТПП с применением технологий искусственного интеллекта проведен анализ зарубежных и отечественных источников. Вопросы по автоматизированному формированию маршрута обработки на основе информации о геометрии изделия рассмотрены в работах [2, 3]. В статьях [1, 2, 5, 6] представлены результаты работы по автоматизированному распознаванию конструкторско-технологических элементов (КТЭ). Основные положения по ТПП на предприятиях определены и представлены в ГОСТах, руководящих документах и нормах [4, 7].

Нами проведено исследование и оценка эффекта от внедрения существующих методов искусственного интеллекта в процессы технологической подготовки машиностроительного предприятия. Автоматизированное формирование маршрута изготовления возможно при создании экспертной системы (ЭС). Данная система работает с базой знаний, имитируя инженера на производстве. Искусственная нейронная сеть позволяет распознавать КТЭ, классифицировать изделие по системе классов деталей ЕСКД и определять типовое изделие для дальнейшего формирования технологического процесса при помощи ЭС. Нечеткая логика применяется для решения задач, связанных с неопределенностью входных данных. Перечисленные технологии существенно меняют уклад подготовительного этапа производства.

В работе представлена дорожная карта развития технологической подготовки производства. По результатам исследования сделаны следующие выводы: 1. Применение технологий искусственного интеллекта в ТПП возможно, целесообразно и дает значительный экономический эффект. 2. Для реализации цифровизации на производстве следует сосредоточить ресурсы разных служб предприятия. 3. Необходимо активно развивать 3D проектирование и внедрять средства цифровизации производства на предприятии в соответствии с представленной дорожной картой.

Библиографический список

1. **Marchetta, M.G.** An artificial intelligence planning approach to manufacturing feature recognition / M.G. Marchetta, R. Forradellas // *Computer-Aided Design* . - 2010. - №42. - С. 248-256.
2. **Oussama, J.** Manufacturing computer aided process planning for rotational parts. Part 1: Automatic feature recognition from STEP AP203 Ed2/ J. Oussama, E. Abdelilah, R. Ahmed // *Journal of Engineering Research and Applications*. - 2014. - №4. - С. 14-25.
3. **Zhou, X.** A feasible approach to the integration of CAD and CAPP / X. Zhou [et al.] // *Computer-Aided Design*. - 2007. - №39. - С. 324-338.
4. ГОСТ Р 50995.3.1-96. Технологическое обеспечение создания продукции. Технологическая подготовка производства. –М. : Изд-во стандартов, 1997. – 17 с.

5. **Пономарев, М.В.** Использование файлов формата STEP в процессе автоматизированного технологического проектирования. Особенности, проблемы, реализация // Научно-технический вестник Поволжья. – 2015. – № 1. – 127-131 с.
6. **Пономарев, М.В.** Автоматизированный анализ геометрических данных граничной модели из обменного файла STEP. Поиск смежных граней // Научно-технический вестник Поволжья. – 2015. – № 5. – 266-268 с.
7. ОНТП-14-93. Нормы технологического проектирования предприятий машиностроения, приборостроения и металлообработки. Механообрабатывающие и сборочные цехи. – М.: Изд-во стандартов, 1993.

УДК 004.85

ПАВЛОВ С.В., ФЕДОСЕНКО Ю.С.

ЗАДАЧИ РАСПОЗНАВАНИЯ СУДОХОДНОЙ ОБСТАНОВКИ НА ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЯХ

Волжский государственный университет водного транспорта

Решение проблемы автоматического распознавания судоходной обстановки, т.е. навигационных сооружений по берегам рек и озер, судов, буев, бакенов, плавсредств маломерного флота, а также людей на фарватере водного пути является основным этапом в комплексе работ по созданию интеллектуальной системы безэкипажной эксплуатации судов внутреннего водного транспорта. В настоящее время не существует программно-технических систем, решающих эту проблему.

Трудности распознавания судоходной обстановки на тестовых видеозаписях и фотоизображениях, полученных в реальных условиях, объясняются множественностью габаритных размеров и архитектурных форм перечисленных объектов, восприятие их под различными углами обзора и частичное перекрытие другими объектами, наличие мостов, волн и существенно криволинейных русловых участков. Осложняют распознавание актуальные метеоусловия, время суток и наличие всевозможных технических помех.

Для первых экспериментальных исследований авторами сформирована тестовая база фотографий из 4000 снимков, полученных в процессе двух экспедиционных рейсов по Волжско-Камскому бассейну. При создании базы фотографий учитывались типы планов и положение фотооператора, наличие посторонних объектов между камерой и сценой, разрешение фотографии, применение вспышки, параметры используемых объективов и камер, угол и направление съемки, допустимый тип файла, единый хештег, структура хранения в базе данных, расположение фотооператора на различных участках судна, расстояния до объекта съемки, направление движения судов и другие факторы.

При выполнении разметки фотографий выполнялось определение размечаемых объектов и их дополнительных атрибутов (например, у бакенов цвет), а также учитывались допустимая точность разметки и возможные действия на случай неполной видимости объекта, его перекрытия другими объектами.

Для обучения нейросети [1] использовалась вычислительная система, включающая 16 графических карт NVIDIA K80; 64 процессора Intel's Broadwell, 2.7 GHz; RAM 732 Gb при скорости сети 20 Gbps с установленным набором инструментов MMDetection [2] и детектором объектов FCOS [3].

Исходными условиями эксперименты были ограничены двумя классами объектов – судами и бакенами. Обучение проводилось в десять подходов по 4000 итераций каждый, т.е. всего было выполнено порядка 40000 замеров и изменений весовых параметров алгоритма.

В результате удалось довести относительную точность распознавания судов до 18%. Вместе с тем, для распознавания бакенов и буйков вследствие их относительно малых размеров требуется существенно более мелкий шаг решетки разбивки фотографий и, возможно, отработка других концепций глубокого обучения и механизмов внимания [4].

Библиографический список

1. Созыкин, А.В. Обзор методов обучения глубоких нейронных сетей // Вестник ЮУрГУ. Сер. Вычислительная математика и информатика. – 2017. – Т. 6. – № 3. – С. 28-59.
2. MMDetection: OpenMMLabDetectionToolboxandBenchmark [Электронный ресурс]. – URL: <https://arxiv.org/pdf/1906.07155.pdf>
3. FCOS: Fully Convolutional One-Stage Object Detection [Электронныйресурс]. – URL: <https://arxiv.org/pdf/1904.01355.pdf>
4. Механизм внимания [Электронный ресурс]. – URL: https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=Механизм_внимания

УДК 519.854.2

РЕЗНИКОВ М.Б., ФЕДОСЕНКО Ю.С.

О МАСШТАБИРУЕМОСТИ КЛАСТЕРНОГО АЛГОРИТМА ДИСКРЕТНОГО ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ ЗАДАЧИ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ

Волжский государственный университет водного транспорта

Исследования реализаций алгоритма динамического программирования (DP) для синтеза оптимальных стратегий обслуживания потоков объектов на примере канонической задачи диспетчеризации [1] позволили оценить продолжительность отработки алгоритма на различных архитектурах: локальной сети, на суперЭВМ «Лобачевский» и «Ломоносов», в облачной среде Amazon. При этом было установлено, что продолжительность T синтеза оптимального решения существенно зависит от наличия / отсутствия неблокирующего полнодуплексного обмена данными между узлами кластера.

Прикладные реализации рассматриваемой задачи в системах поддержки управления в сфере водно-транспортной логистики накладывают жесткие ограничения на предельную продолжительность $T_{пр}$ синтеза стратегий обслуживания. Вместе с тем, рассматриваемая задача является NP -трудной и при аддитивном увеличении размерности n потока требуется мультипликативное увеличение вычислительной мощности кластерной системы. Так, для синтеза оптимальной стратегии за время, не превосходящее $T_{пр}$, для потоков объектов относительно невысоких значений размерностей $n = 30$ и 40 требуются кластерные среды, состоящие из 256 и 262144 узлов соответственно. В случае же необходимости получения точного решения задачи при повышенных значениях размерности n возникает проблема масштабирования решающего алгоритма DP на суперкомпьютерные кластерные среды с числом вычислительных узлов порядка 10^7 и выше [4]. Согласно экспериментам, начиная с некоторой размерности M кластера, продолжительность T синтеза стратегии начинает снижаться по закону вида $T = C (1/2)^m$, где C – некоторая константа.

В качестве предельного значения m для масштабирования решающего алгоритма DP естественно принять число состояний системы обслуживания на шаге $k = \lfloor n / 2 \rfloor$ и из n доступных на этом шаге будет обслужено $\lfloor n / 2 \rfloor$ объектов, т.е. общее число возможных состояний системы определяется как $C_n^{\lfloor n/2 \rfloor} \geq C_n^k$, и, согласно принципу равномерной балансировки состояний, каждому узлу будет назначено либо одно состояние системы, либо узел останется незадействованным.

При условии отсутствия блокировок со стороны сети в пределах масштабирования алгоритма DP каждый узел кластера должен отправить и передать не более n состояний на остальные узлы. Отсюда следует, что продолжительность T при достаточном количестве узлов кластера может быть сведена к величине, близкой к нулю.

Статья подготовлена по результатам исследований, выполненных при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 15-07-03141.

Библиографический список

1. **Коган, Д.И.** Задача диспетчеризации: анализ вычислительной сложности и полиномиально разрешимые подклассы / Д.И. Коган, Ю.С. Федосенко // Дискретная математика. – 1996. – Т. 8. № 3. – С. 135-147.
2. **Федосенко, Ю.С.** Опыт оптимизации кластерной вычислительной модели алгоритма дискретного динамического программирования для канонической задачи диспетчеризации / Ю.С. Федосенко, М.Б. Резников, А.С. Пудов // Супервычисления и математическое моделирование: сб. докл. XVII Междунар. конф. – Саров, 2018.
3. Модель кластерной реализации алгоритма синтеза оптимального расписания в канонической задаче диспетчеризации / В.Н. Захаров [и др.] // Marine intellectual technologies. 2018. – Т. 2. – № 4(42). – С. 139-144.

УДК 519.81; 681.5

МИШИН В.К., ФЕДОСЕНКО Ю.С.

СОГЛАСОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИЕЙ ОБСЛУЖИВАНИЯ СОВОКУПНОСТИ АВТОНОМНЫХ ОБЪЕКТОВ

Волжский государственный университет водного транспорта

Рассматриваемая задача возникла в связи с потребностью совершенствования технологий управления речными перевозками в период массового вывоза зерновых грузов на экспорт.

В пункте погрузки прибывшие порожнем суда в определенной очередности подаются к специализированному терминалу, техническими средствами которого зерно из береговых накопителей загружается в трюмы для последующей транспортировки в тот или иной морской порт для перевалки в крупнотоннажные суда, выполняющие перевозки зарубежным потребителям.

В описанной технологической схеме задействованы суда, каждое из которых характеризуется индивидуальными технико-экономическими параметрами и организационно закреплено в той или иной форме за своим агентом – лицом принимающим решения. Предполагается, что взаимоотношения между агентами осуществляется в рамках устава объединяющей их ассоциации. При разработке плана (расписания) погрузки поступивших порожних судов какие-либо иные привилегии в обслуживании того или иного судна, кроме потенциальных и ранее накопленных экономических потерь, не учитываются. К моменту начала подачи порожних судов под погрузку между агентами с учетом отмеченного выше обстоятельства должно быть достигнуто соглашение о персональной структуре расписания (плана) и порядке реализации очереди к специализированному терминалу. Задача управления диспетчеризацией обслуживания сводится к выработке расписания, взаимосогласованного всеми агентами [1].

Используемый в работе подход к синтезу плана подачи судов под погрузку основан на концепции справедливого распределения экономических потерь, дискретная формализация которой, наряду с описанием математической модели, проводится в докладе. План обслуживания всех объектов считается согласованным, если соответствующая ему максимальная из парных разностей функций штрафа на множестве всех объектов не превышает заданного значения.

Решающий сформулированную в докладе задачу оптимизации алгоритм сконструирован в рамках концепции метода ветвей и границ [2]. Его реализация продемонстрирована на примере, а оценка быстродействия получена выполнением массовых вычислительных экспериментов при значениях параметров модели обслуживания, соответствующих типовым нормативам грузовой обработки судов на внутреннем водном транспорте. И хотя разработанный алгоритм имеет экспоненциально зависящую от размерности модели вычислительную слож-

ность, в известных эксплуатационных ситуациях он вполне приемлем для использования в реальных условиях оперативного планирования подачи судов под погрузку.

Статья подготовлена по результатам исследований, выполненных при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 15 07 03141.

Библиографический список

1. Эрроу, К.Д. Коллективный выбор и индивидуальные ценности / К.Д. Эрроу. – М. : Изд. дом ГУ-ВШЭ, 2004. – 204 с.
2. Коган, Д.И. Модели и оптимизационные задачи однопроцессорного обслуживания пакетов объектов / Д.И. Коган, М.А. Трухина, Ю.С. Федосенко // Автоматика и телемеханика. – 2016. – № 11. – С. 142–157.

УДК 004

СОКОЛОВ И.В., ЕГОРОВ Ю.С., АЛПЕЕВА А.А.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССАМИ ПРОДАЖ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИГРОВЫХ МЕХАНИК ВОВЛЕЧЕНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Игрофикация – применение подходов, характерных для компьютерных игр в программных инструментах для неигровых процессов с целью привлечения пользователей и потребителей, повышения их вовлеченности в решение прикладных задач, использование продуктов, услуг.

Система должна быть многоуровневой и доступной для понимания пользователям с различной степенью подготовленности, предоставлять понятный интерфейс взаимодействия и настройки различных функций автоматизации и геймификации. В зависимости от технической подготовленности пользователя система должна иметь соответствующие варианты использования.

В рамках работы выбран скриптовый язык общего назначения PHP с использованием библиотеки cUrl без использования фреймворка. В интерфейсе пользователя выбраны draganddrop технологии, доступные в html5 canvas.

Структура системы включает в себя базу данных mysql для хранения общих данных пользователей с полными списками их достижений и полученных баллов. Система интегрируется с социальной сетью «ВКонтакте» по публичному API.

Пользователем может быть человек, в задачи которого входит внедрение простейших методик автоматизации и геймификации. Типичная задача: внедрить 1-2 простых активности в свое сообщество, не прибегая к помощи программистов. Для такого типа пользователя система должна предоставить интерфейс стиля draganddrop с подробным описанием блоков взаимодействия и степени их ответственности. Также система должна позволять визуально понимать последовательность действий по внедрению автоматизации.

Пользователем может быть человек, задачей которого является создание комплексной системы геймификации в своем бизнесе, состоящей из десятков активностей и нескольких сообществ. Для решения задач такого пользователя система должна иметь возможность привязки различных аккаунтов социальной сети и подключения множества сообществ с возможностью копирования и вставки комплекса активностей из одного сообщества в другие.

Для пользователей, полностью знакомых с языком программирования PHP и возможностей взаимодействия с социальной сетью посредством API, система должна предоставить возможность использования стандартных функций без необходимости их повторной инициализации, отправку сообщений, распределение нагрузки, интеграцию платежных систем, отложенные действия и блоки с возможностью описания логики ядра, которая посредством

внутренних алгоритмов системы позволит внедрять уникальные функции в собственные проекты. Также система должна предоставлять возможность написания уникальных процедур взаимодействия посредством внешнего расчетного модуля.

Вся серверная часть должна быть скрыта от любого пользователя. Возможность изменения и поддержки передаются исключительно разработчикам системы, чтобы не нарушать ее безопасность.

-
1. Хантер, Д. Вовлекай и властвуй. Игровое мышление на службе бизнеса / Д. Хантер, К. Вербах. - М., 2014. - 224 с.

УДК 004.7.056.53

СЕНЬКИВ Д. А.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА С ПОЗИЦИЙ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ПОДХОДА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Проблема обеспечения информационной безопасности (ИБ) возникает при начале проектирования каждого нового аппаратно-программного комплекса (АПК), является актуальной в общемировой практике. Для ее решения повсеместно ведется разработка новых методов диагностирования и сканирования ПО на наличие уязвимостей.

Попытки применить существующий опыт диагностирования в области информационной безопасности программных комплексов сопряжены с трудностями: отсутствие четкой формализации АПК, существующие методы и алгоритмы обеспечения ИБ являются частными, т. е. их разработка и переработка происходит каждый раз заново для каждого АПК. Типовой АПК состоит из основных частей:

- точка выхода в сеть Интернет и/или набор серверов, обеспечивающих взаимодействие всех узлов сети (DNS, DHCP, AD-сервера);
- другие узлы сети АПК – компьютеры, ноутбуки, виртуальные серверы, иные устройства.

Для увеличения уровня информационной безопасности будем применять методы диагностики, которые позволят выявить недостатки конфигураций операционных систем (ОС), установленного ПО.

Основные этапы обеспечения ИБ:

- разработка концептуальной модели ИБ [1];
- аудит АПК, позволяющий получить информацию о текущем состоянии ИБ АПК [2].

Системы мониторинга могут получать подробную информацию о состоянии систем. Это позволяет анализировать и выявлять аномалии – отсутствие сетевого взаимодействия или резкое повышение, высокая дисковая активность, запуск нелегитимных процессов. Кроме диагностики процессов и системы, подключим дополнительное ПО, способное находить уязвимости в устанавливаемых обновлениях ОС и ПО [3]. Данная мера позволит избежать установки ненадежных программных средств, следовательно, сохранит уровень ИБ на прежнем уровне.

Обеспечение ИБ с позиции диагностики текущего состояния АПК с точки зрения защищенности и устранения недостатков является одним из базовых действий, которые необходимо сделать для увеличения уровня ИБ. Большинство успешных атак были таковыми из-за таких проблем, как стандартные пароли, стандартные пути к конфигурационным файлам и открытый доступ к ним, отсутствие логирования важных событий безопасности в системах –

проблем, которые устраняются за небольшой промежуток времени и не требуют глубокой подготовки в сфере защиты информации. После проведения действий, направленных на увеличение уровня защищенности системы методом устранения базовых недочетов конфигураций и уязвимого ПО, рекомендуется рассматривать АПК как атакуемую систему, строить граф атак, вырабатывать стратегии защиты и оповещения ответственных лиц.

Библиографический список

1. **Бондарев, В. В.** Введение в информационную безопасность автоматизированных систем: учеб. пособие / В.В. Бондарев. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018. – 252 с.
2. **Бирюков, А. А.** Информационная безопасность. Защита и нападение /А. А. Бирюков. - М. : ДМК Пресс, 2017.– 434 с.
3. **Кочешков, А. А.** Информационная безопасность публичных облачных сервисов /А. А. Кочешков, Д. А. Сенькив // Научно-технический вестник поволжья (Казань). – 2020. – № 7. – С. 12-17.

УДК 004.912

ЧЕРНОБАЕВ И. Д.

НЕЙРО-НЕЧЕТКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ НЕСТРУКТУРИРОВАННЫХ ДАННЫХ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время актуальным является решение проблемы классификации неструктурированных данных в связи с непрерывным ростом количества источников информации, априорное структурное описание которых не представляется возможным. Данные являются неструктурированными [1], если они не организованы в виде структуры, понятной для информационной системы. Такого рода данные требуют предварительного анализа и обработки для последующего применения к ним методов интеллектуального анализа данных. К неструктурированным можно отнести данные медицинской отрасли, текстовые данные, а также технические данные различной физической природы.

Одним из методов решения поставленной задачи является метод нейросетевого моделирования, получивший широкое распространение благодаря тому, что нейронная сеть (НС) легко настраивается под решение конкретного класса задач с высокой точностью аппроксимации реализуемого алгоритма, обладает преимуществами отказоустойчивости и параллелизма [2], а также обобщающей способностью (ОС). В терминологии машинного обучения ОС называют способность модели выдавать корректные результаты для примеров, не встречавшихся в обучающей выборке данных. При этом необходим объем данных, достаточный для обучения НС, что стало осуществимым с развитием сети Интернет и ростом числа источников информации и соответственно объемов генерируемых данных в настоящее время. Несмотря на то, что НС, корректно обученная на достаточном объеме данных, быстро и точно справляется с решаемой задачей, интерпретация ее решений и весовых коэффициентов затруднена. При этом для извлечения знаний, заложенных в основе процесса принятия решений обученной НС, необходимо воспользоваться специальными методами, известными как методы извлечения правил [3].

На практике также встречаются объекты, принадлежность которых к какому-либо классу размыта. Для решения данной проблемы предложен аппарат теории размытых множеств [4], позволяющий проектировать системы нечеткого вывода (СНВ) на основе нечетких правил. Благодаря теории размытых множеств такие системы способны принимать решения при неполной или неопределенной информации. Однако применение таких систем ограничено областями, в которых доступны экспертные знания.

Таким образом, существует потенциал в объединении теорий НС и размытых множеств, целью которого создание модели с гибкостью и точностью НС и интерпретируемо-

стью СНВ, под которой понимается возможность объяснить поведение системы на основе теории размытых множеств. Предложенная модель гибридной НС заключается в объединении математической модели искусственного нейрона с функциями принадлежности аппарата теории размытых множеств и позволяет оперировать с объектами, у которых принадлежность к какому-либо классу может быть определена лишь с определенной долей уверенности. При этом исследование производится с использованием концепции скрытого параметра как системоорганизующего фактора класса.

Библиографический список

1. **Николаев, А. А.** Разнообразие структур данных в современной информации // Молодой ученый. – 2019. - № 23 (261). - С. 21-23.
2. **Fuller, R.** Neural Fuzzy Systems / R. Fuller. – Turku (Finland) : ÅboAkademi University, 1995. – 346 p.
3. **Kumar, K.** Knowledge Extraction From Trained Neural Networks // International Journal of Information & Network Security (IJINS). – 2012. – V. 1. – № 4. – P. 282-293.
4. **Zadeh, L. A.** Fuzzy logic= computing with words // IEEE transactions on fuzzy systems. – 1996. – V. 4. – № 2. – P. 103–111.

УДК 004.054

НЕЗАМАЕВ Е.С., ТИХОНОВ Е.В., ШАМРИН А.А., ЩЕРБАКОВ А.Н.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВСТРОЕННЫХ СИСТЕМ ТЕСТИРОВАНИЯ ПАМЯТИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ И ИЗГОТОВЛЕНИИ СБИС

Филиал ФГУП РФЯЦ ВНИИЭФ «НИИИС им. Ю.Е. Седякова»

В силу постоянного увеличения сложности современных СБИС возникает проблема проведения детального тестирования микросхем в процессе изготовления. Встроенные блоки памяти (ОЗУ, ПЗУ) – неотъемлемая часть микросхем класса «система на кристалле» (СНК). Возникает потребность в проверке не только цифровой логики на наличие производственных дефектов, но и проведении полного тестирования больших объемов встроенных блоков памяти, входящих в соответствующую СБИС, после изготовления. Стандартные методы DFT (Design forttest) не обеспечивают возможность выявления ошибок во встроенных блоках памяти без использования большого количества дополнительных выводов или существенного увеличения объема тестовых векторов (часто превышающих возможности контрольно-измерительного оборудования). Эффективным решением данной проблемы стало внедрение при разработке и применение при функциональном контроле СБИС встроенных систем тестирования памяти MBIST (Memorybuilt-inself-test).

Система тестирования MBIST позволяет проверять память с помощью эффективного набора алгоритмов (Checker board, March и т.д.), способного выявить такие типичные неисправности, как ошибки залипания ячеек, ошибки дешифратора адреса, сбои взаимного влияния соседних ячеек, ошибки переходов. Модель MBIST содержит встроенный тактовый генератор, генераторы адресов и данных для реализации тестовых алгоритмов, а также контроллер чтения/записи.

Данная система тестирования была применена в одной из последних разработок СБИС микроконтроллера, выполняемой службой микроэлектроники филиала ФГУП РФЯЦ ВНИИЭФ «НИИИС им. Ю.Е. Седякова».

После внедрения и использования MBIST при функциональном контроле СБИС выявлены следующие преимущества:

- значительное упрощение разработки тестовой программы для контрольно-измерительного оборудования в силу отсутствия необходимости формировать наборы тестовых векторов для больших массивов памяти;

- отсутствие необходимости управления прямым доступом к памяти с верхнего уровня и мультиплексирования выводов внутренней памяти на внешние выводы микросхемы;
- возможность проводить тестирование встроенной памяти на рабочей частоте функционирования без влияния задержек при мультиплексировании управления на внешние выводы микросхемы;
- совместное использование с интерфейсом JTAG позволяет значительно упростить проектирование, изготовление и конечную стоимость испытательных приборов и оснастки, поскольку для полноценного контроля работоспособности и выявления отказов функционирования СБИС требуется использование меньшего числа выводов микросхемы;
- снижение затрат на тестирование в результате сокращения времени проведения функционального контроля, так как допускается параллельный режим проверки встроенных блоков памяти.

В силу постоянного увеличения функционала СБИС и масштабирования объемов памяти происходит усложнение методик тестирования и выявления отказов микросхем. Использование рассмотренной системы тестирования MBIST при проектировании и изготовлении СБИС является эффективным и недорогим решением данной проблемы.

УДК 004.9:324

ДМИТРИЕВ И.Н., ДМИТРИЕВ А.В.

НЕЙРОСЕТЕВЫЕ ПРОЦЕДУРЫ ОБНАРУЖЕНИЯ АНОМАЛИЙ НА ОФТАЛЬМОЛОГИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ, ФОРМИРУЕМЫХ ЦИФРОВЫМ МИКРОСКОПОМ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время выявление аномалий (пораженных тканей, посторонних предметов, наростов и т.д.) проводят не инвазивно при помощи рентгена, МРТ, УЗИ и т.д. Для снижения доли ошибочных диагнозов используют совокупность данных с различных источников. Однако при оперативном вмешательстве использование этих данных затруднительно. Приходится прибегать к технологии нейровизуализации, что не всегда удобно, или проводить операции с использованием видеорентгена, что наносит вред как пациенту, так и хирургу. Для контроля проведения хирургического вмешательства существуют очень ограниченные средства и все они используются после проведения операции, поэтому задача обнаружения аномалий в живых тканях достаточно актуальна.

Системы обработки информации, которые позволят контролировать оперативное вмешательство в реальном времени и выявлять структуры, нехарактерные для области осмотра, отличные от здоровых, помогут провести диагностику и уменьшить процент дополнительных действий и операций.

В настоящее время разработан макет стереоскопического микроскопа, позволяющего получать изображения операционного поля и проводить их анализ и обработку. Результат обработки планируется выводить на гарнитуру с помощью технологии дополненной реальности.

Задача поиска аномалий при обработке полученных с микроскопа кадров заключается в выявлении типа тканей [1] (планируется различать материалы, из которых состоят органы) и локализации области с нехарактерными признаками. Однако на обычном изображении достаточно сложно выявить аномалии и проводить сегментацию. Для решения данной проблемы возможно использование когерентного источника света для засветки операционного поля.

Вопросу обработки видеоизображения в отраженном когерентном свете, а также разделению материалов по типам с дальнейшим выявлением аномалий и посвящена данная работа.

Суть применения исследуемого метода заключается в распознавании типов тканей и выявлении аномалий. На рис.1 приведен пример изображений с разной подсветкой.

При когерентном освещении случайно-неоднородных объектов, (например, шероховатая поверхность) появляется новая структура для анализа – спекл. Это пятнистая структура, вызванная интерференцией когерентного света на шероховатой поверхности, неровности которой соизмеримы с длиной волны света. Для каждого типа поверхности (шероховатости) существует характерная для него спекл-картина [2] (интенсивность и характер заполненности области), по которой можно охарактеризовать тип поверхности. На рис.2 представлены четыре типа поверхностей.

По результатам исследования различных методов сегментации материалов лучшие характеристики продемонстрировала сверточная нейронная сеть (CNN), которая инвариантна к масштабу, повороту и смещению. Выбор метода основывался на критерии Неймана-Пирсона. Также учитывалось время выполнения процедуры сегментации. При моделировании процент правильного определения типа материала составил 86%. При дальнейшем анализе изображений выделяются нехарактерные для данного материала аномалии (например, порез области, нездоровая ткань и т.д.).

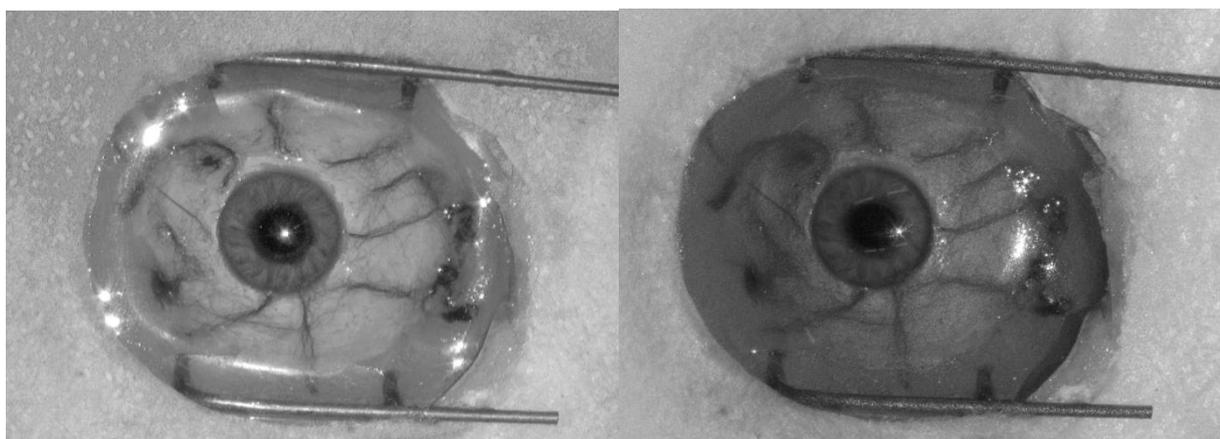


Рис. 1. Изображения макета глаза с разными типами подсветки (слева - светодиодная, справа - когерентная)

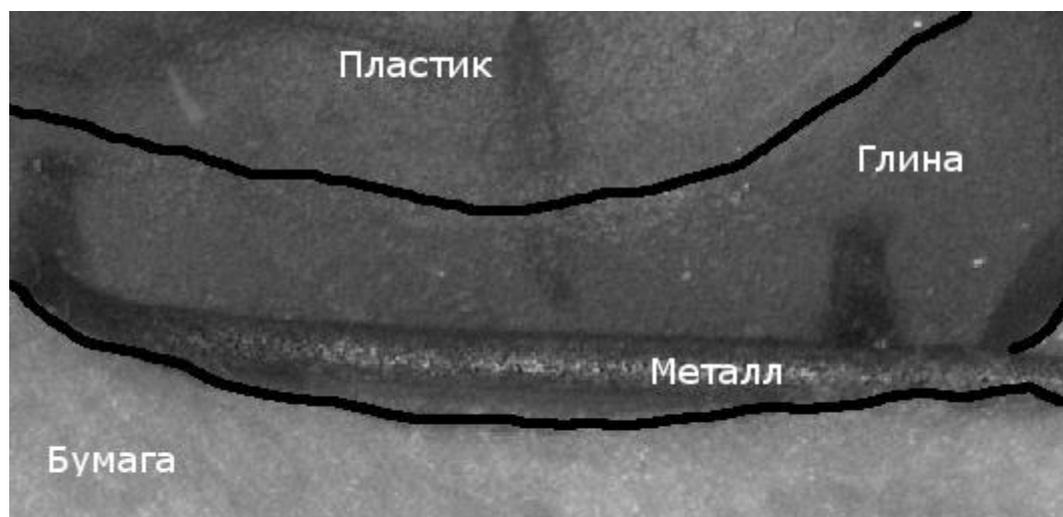


Рис.2. Изображение с разными типами материалов

Разработка системы обнаружения аномалий в реальном времени позволит обеспечить хирургический персонал дополнительным детектором, который предотвратит ошибки хирурга и повысит качество проводимых операций. Процедуры обнаружения аномалий реализуются в операционном цифровом стереоскопическом микроскопе, который разрабатывается АО «ФНПЦ «ННИИРТ» в инициативном порядке совместно с ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России.

Библиографический список

1. **Zimnyakov, D.A.** Coherent-Domain Optical Methods: Biomedical Diagnostics, Environmental and Material Science. – Boston: Kluwer Academic Publishers, 2004. - V.1. - P. 3–41.
2. Impact of velocity distribution assumption on simplified laser speckle imaging equation / A.K. Dunn [et al.] // J. Cereb. Blood Flow Metab. – 2001. – V. 21. – P. 195-201.

УДК 004

НОВОЖИЛОВА А.Е., КАПРАНОВ С.Н., ЕГОРОВ Ю.С.

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ЧЕЛОВЕКА ПО БИОМЕТРИЧЕСКИМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ ЛИЦА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время методы анализа данных активно развиваются в направлении обработки больших объемов данных. Обработка изображений сегодня широко используется в системах безопасности для идентификации людей по изображениям лиц, мониторинга состояния технических объектов.

Одним из практических применений теории распознавания образов является распознавание лиц, в задачу которого входит автоматическая локализация лица на изображении и при необходимости идентификация человека по лицу. Интерес к процедурам, лежащим в основе процесса локализации и распознавания лиц, довольно значителен в связи с разнообразием их практического применения в таких областях, как охранные системы, криминалистическая экспертиза, компьютерные игры и т.п.

В рамках работы были реализованы два алгоритма – метод Виолы-Джонса и сверточная нейронная сеть (СНС) SSD (англ. Single Shot MultiBox Detector).

Метод Виолы-Джонса [1] при детектировании объектов на изображении комбинирует четыре ключевые концепции: представление изображения в интегральном виде для быстрого вычисления функций; использование простых прямоугольных функций, называемых признаками Хаара; обучение системы распознавания объектов на основе метода машинного обучения AdaBoost; организация алгоритма распознаваемых объектов в виде каскадного классификатора.

Подход СНС SSD [2] дискретизирует выходное пространство ограничивающих блоков в набор блоков по различным соотношениям сторон и масштабам для каждого местоположения карты признаков. Во время прогнозирования сеть генерирует оценки присутствия каждой категории объектов в каждом блоке и производит корректировки для блока. Кроме того, сеть объединяет прогнозы из нескольких карт признаков с различными разрешениями для естественной обработки объектов различных размеров. Модель SSD на вход получает изображение, к которому применяются сверточные слои из усеченной стандартной модели, далее к выходному слою добавляются специальные сверточные слои, представляющие изображение в разных масштабах.

Тестирование производилось по трем выборкам: набор изображений с одним объектом, с двумя и четырьмя и более объектами.

Для оценки качества алгоритмов рассчитывались метрики полноты и точности. Полнота показывает чувствительность алгоритма к ошибкам 2-го рода, точность – к ошибкам 1-го рода. Результаты тестирования представлены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты тестирования алгоритмов

Алгоритм \ Тест	Метод Виолы-Джонса		СНС	
	Полнота	Точность	Полнота	Точность
1 объект	0,8	0,65	0,99	0,95
2 объекта	0,75	0,41	0,99	0,99
Более 4-х объектов	0,87	0,82	0,8	0,99

Результаты показывают, что для задачи распознавания лица алгоритм сверточной нейронной сети превосходит по качеству в сравнении с алгоритмом Виолы-Джонса.

Библиографический список

1. **Viola, P.** Rapid object detection using a boosted cascade of simple features / P. Viola, M.J. Jones // IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition. – Kauai, Hawaii, USA, 2001. P. 511–518.
2. SSD: Single Shot MultiBox Detector / W. Liu [et al.] // ECCV, arXiv:1512.02325, 2016.

УДК 681.511

ЧЕРНЯЕВ В.С.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОИЗВОДСТВА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЭЛЕМЕНТОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЫ CALS/ИПИ ТЕХНОЛОГИИ

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

Практика использования цифровых систем управления качеством выпускаемых изделий показала, что важным условием их эффективности является наличие интегрированной системы сбора и анализа информации о качестве изделия на всех этапах его жизненного цикла. Интеграция информационных процессов, используемых на различных этапах жизненного цикла изделия, наиболее эффективно реализована в виде CALS-технологий (Continuous Acquisition and Lifecycle Support — непрерывная информационная поддержка поставок и жизненного цикла изделий) или в отечественной интерпретации- информационной поддержка изделий (ИПИ).

Эффективное использование CALS/ИПИ системы на этапе производства изделия (подготовка к производству) предполагает анализ эффекта совместного влияния производительности участка (цеха, конвейера), сборки готовых изделий Псб и производительности склада комплектующих изделий Пси на количество единиц выпускаемой продукции (эффект совместного влияния Псб и Пси на конечный результат является с точки зрения методологического подхода - аддитивным фактором).

Возможность адаптации производства к гибкому управлению с минимальными издержками, формирование необходимых управляющих воздействий также должны быть рассмотрены с позиции заложенных в CALS/ИПИ систему функций.

На этапе производства присутствует возможность оперативного поиска оптимального режима ведения технологического процесса, автоматической «дозировки» компонентов комплектующих изделий.

На этапе подготовки производства присутствует возможность определения рациональной структуры производственной системы, что важно для моделирования процессов производства. Математическое (компьютерное) моделирование позволяет построить виртуальную модель производства или так называемый «цифровой двойник» (Digital Twin). При

этом процессы реального производства, оценки для оптимизации и необходимые управляющие воздействия оперативно формируются на виртуальной (цифровой) модели.

По результатам проведенной работы можно сделать вывод, что компьютерное моделирование позволило найти условия оптимизации производства и условия возникновения существенных издержек, также выявило возможность адаптации производства к гибкому управлению с помощью системы CALS/ИПИ.

Библиографический список

1. **Ямпурин, Н.П.** Управление качеством электронных средств / Н.П. Ямпурин, Р.В. Свердлов. – Нижний Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2015. – 115 с.
2. **Бендиков, М.А.** Экономические аспекты внедрения CALS-технологий в авиационной промышленности / М.А. Бендиков, В. В. Клочков. – М., 2006. – 122 с.
3. **Кузнецова, Л.В.** Методика внедрения CALS-технологий на автомобилестроения / Л.В. Кузнецова, А.В. Олейник, М.Е. Ставровский, М., 2010. – 12с.
4. Концепция развития CALS-технологий в промышленности России / Е.В. Судов [и др.]. – М. : НИЦ CALS- технологий «Прикладная логистика», 2002. – 131с.

УДК 681.511

ЛАЗАРЕВА Е.И., КИРСАНОВА О.Н.

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ НА ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

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

Проблема повышения качества и надежности изделий РЭС на современном этапе наиболее актуальна и охватывает все области их изготовления и применения. При этом для повышения эффективности контроля качества РЭС определяющую роль играет прогнозирование их будущих состояний [1]. Чтобы соответствовать требованиям потребителя, надо изменить принцип управления качеством на предприятии. Вместо обнаружения дефектов надо заниматься их предупреждением.

Основной целью проекта является разработка организованной системы мероприятий по обеспечению необходимого качества на приборостроительных предприятиях, а также разработка универсальной модели системы качества, удовлетворяющей требованиям предприятий, с широкой номенклатурой изделий.

Индивидуальное прогнозирование на данный момент обеспечивает наибольшую точность. Сейчас основной проблемой является отсутствие прогнозных методик либо недостаточная точность их прогнозирования. Поэтому актуальной задачей управления качеством изделий является применение таких методик, как APQP и FMEA[2,3].

Один из наиболее эффективных процессов, применяемый для предотвращения дефектов продукции на промышленном предприятии, – APQP–процесс (Advanced Product Quality Planning или «Перспективное планирование качества продукции»). Данный процесс воплощается в качестве документа, необходимого для тщательной организации поэтапного планирования бездефектного производства изделий, соблюдение которого ориентирует участников процесса на достижение желаемого качества продукции [2].

Одной из основных задач системы менеджмента качества является обеспечение выявления потенциальных несоответствий и предотвращение их появления на всех стадиях жизненного цикла продукции. Методология FMEA позволяет оценивать риски и возможный ущерб, вызванный потенциальными несоответствиями конструкции и технологических процессов на самой ранней стадии [3].

По результатам проведенной работы можно сделать вывод, что внедрение на практике методик APQP, FMEA позволяет выявить и исправить отказы процессов на раннем этапе

проектирования, а также сократить количество выпускаемого брака и затраты ресурсов и времени. Представление структуры техпроцесса в виде карты потока процесса ускоряет понимание особенностей изготовления изделия в целом и в дальнейшем анализ определения возможных мест и причин возникновения дефектов. Кроме того, применение методик сокращает сроки от начала проектирования до выпуска безупречной серийной продукции и снижает ее стоимость за счет быстрых и рациональных решений инженерных задач, что позволяет избежать последующих переделок и доработок изделия.

Таким образом, использование этих методов обходится гораздо дешевле, чем борьба с проблемами, возникающими после окончания проектирования.

Библиографический список

1. **Окрепилов, В.В.** Управление качеством: учебник для вузов / В.В. Окрепилов. - СПб. : Наука, 2010. – 912 с.
2. APQP. Перспективное планирование качества продукции и план управления: [пер. с англ.]. – Н.Новгород: Приоритет, 2004. – 128 с.
3. FMEA. Анализ видов и последствий потенциальных отказов: справочное руководство: [пер. с англ.]. – Н. Новгород: Приоритет, 2003. – 230 с.

СЕКЦИЯ 2

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

Подсекция 2.1

Автоматизация систем электрооборудования

УДК 621.31

ГЛУШКОВ С.В.¹, ПЛЕХОВ А.С.², СОЛОВЬЕВ А.В.¹, ФЕДОСЕНКО Ю.С.¹

ОБ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ РЕЧНОГО КРУИЗНОГО СУДНА

Волжский государственный университет водного транспорта¹,
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева²

Одно из перспективных направлений повышения эффективности эксплуатации речных круизных судов основано на реализации ситуационных режимов функционирования электроэнергетических систем в рамках «библиотеки» сценариев, каждый из которых достаточно полно описывает технические и организационные особенности той или иной ситуации.

В качестве примеров эксплуатационных ситуаций укажем режимы функционирования, когда в целях экономии топлива, потребляемого дизель-генераторами, допустимо отключение большинства электропотребителей при временном отсутствии пассажиров на борту; в иных случаях может потребоваться запуск всех вспомогательных дизель-генераторов, обеспечивающих активацию аварийных систем; при движении судна на спокойной воде основным является режим поддержания нормативного напряжения в сети.

При разработке типовых сценариев в целях повышения их адекватности необходимо учитывать мнения, рекомендации экспертов и специалистов, имеющих существенный опыт эксплуатации судовых электроэнергетических комплексов. Такой подход позволяет создать систему управления, позволяющую снизить влияние человеческого фактора [1, 2] на функционирование всей электроэнергетической системы судна, повысить его экономическую эффективность и техническую безопасность.

Использование датчиков для мониторинга [3] значений параметров судовых электропотребителей и ведение технического журнала в форме электронной базы данных позволит путем последующей специализированной обработки прогнозировать состояние основных рабочих агрегатов, упреждая их преждевременный выход из строя.

Таким образом, техническая реализация предлагаемого подхода позволит создать систему управления электроэнергетической системой судна и судовыми электростанциями нового поколения.

Описанный подход дает возможность в реальном масштабе времени не только назначать и даже автоматически определять режимы работы электрооборудования, но и конфигурировать функционирование судовых электростанций на вероятный набор электропотребителей, которые будут задействованы в соответствии со складывающейся обстановкой [4].

В заключение отметим, что предлагаемый в докладе подход к управлению электроэнергетической системой судна способен существенно повысить оперативность управления

электротехническими объектами судна, сокращая объемы потребления топлива и будет способствовать снижению эксплуатационных расходов.

Библиографический список

1. **Ляшенко, В.Г.** Управление судном. Влияние человеческого фактора на безопасность мореплавания: курс лекций / В.Г. Ляшенко. – Херсон: Издательство ХГМА, 2016. – 168 с.
2. **Коровин, А.Г.** Разработка методов влияния человеческого фактора на безопасность судна // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2009. – №10. – С. 31-36.
3. **Мясников, Ю.А.** Методы прогнозирования технического состояния судового энергетического оборудования // Труды Крыловского государственного научного центра. – 2018. – Т. 368. – №4. – С. 117–132.
4. **Дорри, М.Х.** Автоматизация управления морскими подвижными объектами // Проблемы управления. – 2009. – № 3.1. – С. 94–102.

УДК 621

ИВАНОВ А.В., СОСНИНА Е.Н.

О МЕТОДАХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ПРИ ЦИФРОВИЗАЦИИ ЭНЕРГЕТИКИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В соответствии с программой «Цифровая экономика Российской Федерации» [1], деятельность всех энергетических компаний направлена на разработку и внедрение интеллектуальных систем управления на базе цифровых технологий [2], переход к цифровым энергообъектам (цифровой подстанции (ПС), цифровому району электрических сетей (РЭС)) и созданию единой цифровой модели электрической сети (СМ).

Главное отличие цифрового энергообъекта в использовании единой информационной модели. Информационная модель устанавливает формат получения, передачи и использования данных. Применительно к электротехническим комплексам (ЭТК) и системам такая информационная модель регламентирована серией стандартов МЭК 61850.

Основным преимуществом внедрения цифровых технологий в электросетевой комплекс является возможность автоматизации процессов проектирования, конфигурирования интеллектуальных электронных устройств (ИЭУ), пуско-наладки и т.д. Информационная модель в таком случае выступает в роли «связующего звена» между техническими данными об энергообъекте и их формализованным представлением в виде электронных файлов. Согласно МЭК 61850, инструментом формализации служит язык разметки System Configuration description Language (SCL), основанный на расширяемом языке разметки eXtensible Markup Language (XML) [3].

Изменение подхода к процессу проектирования требует пересмотра существующих методов проектирования ЭТК. Новые методы проектирования должны удовлетворять следующим условиям:

- выполнять требования МЭК 61850: обрабатывать все типы SCL файлов, запрещать действия, нарушающие SCL схему, и т.д.;
- соответствовать информационной модели МЭК 61850: соблюдать регламентированную иерархию данных, использовать соответствующие сервисы и т.д.;
- иметь возможность быть представленными в программном коде;
- быть понятны специалистам электроэнергетики.

Выполнение перечисленных условий при проектировании ЭТК в рамках цифровизации энергетики необходимо для обеспечения взаимозаменяемости (interchangeability) и взаимодействия (interopability) ИЭУ.

В настоящий момент отсутствует единый, общепринятый всеми ключевыми участниками сектора электроэнергетики, автоматизированный метод (инструмент) проектирования цифровых ЭТК. Они являются предметом исследования авторов.

Библиографический список

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации Об утверждении программы «Цифровая экономика Российской Федерации» от 28.07.2017 № 1632р // [Электронный ресурс]. – URL: <http://government.ru/docs/28653/>
2. ПАО «Российские электрические сети» / Концепция «Цифровая трансформация 2030» // [Электронный ресурс]. – URL: https://www.rosseti.ru/investment/Kontseptsiya_Tsifrovaya_transformatsiya_2030.pdf

УДК 681.518.5

СМЫСЛОВА Д.С.

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ВТОРИЧНОГО ИСТОЧНИКА ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

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

В любой отрасли и сфере производства неотъемлемой частью процесса является контроль. Контроль не только административный, экологический, юридический, но и узкоспециализированный контроль качества изготавливаемой продукции. Для контроля сложных электронных систем недостаточно человеческого ресурса, необходима специальная точная, удобная в использовании аппаратура, выполняющая большинство контрольных операций без непосредственного участия человека.

Наиболее оптимальны для решения поставленных задач автоматизированные системы контроля (АСК) произведенных блоков, устройств, систем.

Как правило, в электронной аппаратуре основным источником информации является электрический сигнал. При известных требуемых параметрах сигнала можно проконтролировать все его аспекты: напряжение (амплитудное, эффективное, значения логических нулей и единиц и др.), силу тока, форму сигнала (нестабильность переходных процессов, фронты спада и нарастания и др.), частоту и период, фазу сигнала, полноту передачи пакетов по цифровому интерфейсу и т.д.

Мною разработана автоматизированная система контроля, позволяющая проверять электронный блок.

В процессе контроля выпускаемой продукции важна не только точность, полнота и объективность измерения, но и удобство, простота использования контрольной аппаратуры. До разработки автоматизированной системы контроля блок электронный проверялся вручную на специальных стендах с подключением лабораторных приборов (осциллограф, вольтметр, амперметр, частотомер, источник питания и т.д.). Спроектированная автоматизированная система контроля позволила в полном требуемом объеме проверить блок электронный с помощью только АСК и двух лабораторных источников питания. Также ранее требовался персональный компьютер, необходимость применения которого исключена вследствие использования современного пользовательского интерфейса и сенсорного экрана. Таким образом, один «маленький ящик» в комплекте с двумя источниками питания способен полностью заменить огромное рабочее место, состоящее из двух массивных коммутирующих стендов и семнадцати универсальных лабораторных приборов.

Удобство подключения проверяемого блока с помощью специальных жгутов обеспечивает не только минимизацию занимаемого рабочего пространства, но и за счет закрытости, моноблочности и самодостаточности автоматизированной системы контроля позволяет избежать таких явлений, как пробитие статическим электричеством проверяемых

микросхем при касании их выводов измерительными щупами, попадание пыли, грязи, различных токопроводящих материалов внутрь проверяемого изделия и проверочной аппаратуры. Таким образом, повышается надежность системы контроля и проверяемого изделия, а также уменьшается процент брака.

Библиографический список

1. LabVIEW. Практикум по основам измерительных технологий / В.К. Батоврин. – М. : ДМК - Пресс, 2010.
2. **Трэвис, Дж.** LabVIEW для всех / Дж. Трэвис, Дж. Кринг. – М.: ДМК-Пресс, 2015. – 904 с.
3. **Блюм, П.** LabVIEW: стиль программирования / П. Блюм. – М.: ДМК-Пресс, 2016. – 400 с.

Эффективность систем электроэнергетики

УДК 623.311

ВОРОШИЛОВ А.А., КУЛИКОВ А.Л.

АВТОМАТИКА НОРМАЛЬНОГО РЕЖИМА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Проблема сокращения потерь электроэнергии всегда актуальна. В соответствие с программой модернизации электросетевого комплекса ПАО Россети, планируется в период с 2017 – 2026 гг. сократить потери электроэнергии в электросети до нормативных значений. Один из способов сокращения потерь – снижение потерь холостого хода в трансформаторах на ПС, возникающих в результате низкой их загрузки.

Опыт решения данной проблемы ограничивается осуществлением переключений (перевода всей нагрузки на оставшийся в работе трансформатор) вручную оперативным персоналом [1, 2]. Имеющиеся в нормативной и специальной литературе расчетные выражения исходят либо из режима параллельной работы трансформаторов с одинаковыми параметрами, либо учитывают отличия параметров, но считают все трансформаторы работающими с одинаковыми коэффициентами загрузки. Оба эти варианта приводят к недопустимо большим погрешностям.

Очевидно, что максимально эффективно управлять трансформаторами ПС можно лишь с помощью автоматических устройств. Поэтому требуется создать алгоритм оптимального, полностью автоматического отключения трансформаторов в трансформаторной группе ПС при произвольном графике нагрузки. К автоматике предъявляется ряд требований.

Автоматика должна:

- основываться на современных интеллектуальных электронных устройствах и системах связи между ними;
- учитывать мощность трансформаторов и их загрузку;
- контролировать тренд графика нагрузки;
- учитывать коммутационный ресурс оборудования;
- учитывать возможные блокировки.

Библиографический список

1. **Воротницкий, В.Э.** РД 34.09.254. Инструкция по снижению технологического расхода электрической энергии на передачу по электрическим сетям энергосистем и энергообъединений / В.Э. Воротницкий, Ю.С. Железко, В.М. Максимов. – М., 1986.
2. **Железко, Ю.С.** Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии / Ю.С. Железко. – М. : ЭНАС, 2009. – 456 с.

О ПРОБЛЕМАХ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ СОБСТВЕННЫХ НУЖД АЭС

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Повышение эффективности использования кабельных линий (КЛ) перспективное направление при модернизации собственных нужд (СН) атомных электростанций (АЭС).

К КЛ для атомной промышленности предъявляются более жесткие требования, чем в других отраслях. Помимо стандартных требований, существует ряд нестандартных параметров, к которым можно отнести: терморезистентность, стойкость к дезактивирующим растворам, сейсмостойкость, пожаро- и взрывобезопасность. Последние два параметра определяющие при выборе типа КЛ [1-3].

На протяжении всего срока службы АЭС на изоляцию силовых кабелей непрерывно воздействуют различные факторы. В результате этого в диэлектрических материалах изоляции происходят различные физико-химические процессы, что приводит к снижению электрической прочности и пробоем изоляции. Факторы, негативно влияющие на изоляцию, можно условно разделить на две основные категории. К первой категории факторов относятся: климатическая зона расположения АЭС; глубина прокладки кабелей в траншее; конфигурация трассы прохождения КЛ; частота пересечения КЛ с другими инженерными сетями и транспортными сооружениями. Ко второй категории можно отнести различные воздействия, возникающие при эксплуатации электрооборудования: постепенное снижение сопротивления изоляции; тепловое воздействие тока на материалы изоляции жил кабелей в различных режимах работы; фактор воздействия обслуживающего персонала [4,5].

Выделены ключевые направления повышения эффективности использования КЛ в СН АЭС:

1. Снижение удельного сопротивления КЛ, позволяющее уменьшить потери электроэнергии при ее передаче. Это достигается переходом от морально устаревших типов кабелей на более современные КЛ.

2. Повышение надежности КЛ за счет применения новых методов диагностики и проверки их текущего состояния.

3. Совершенствование методов выбора КЛ. Так, на этапе проектирования СН сечения КЛ зачастую необоснованно завышаются в разы, что приводит к серьезным экономическим затратам.

Библиографический список

1. Стандарт организации СТО 1.1.1.01.001.0902-2012. Кабельные изделия для атомных электростанций. – М.: Изд-во стандартов, С. 7-12.
2. ГОСТ Р МЭК 62855 – 2019. Атомные станции. Электроэнергетические системы. Анализ электроэнергетических систем. – М.: Стандартинформ, 2019.
3. **Зорин, В.М.** Атомные электростанции / В.М. Зорин. – М.: Издательский дом МЭИ, 2012.
4. **Сайталиева, Э.М.** Основные проблемы эксплуатации кабельных линий / Э.М. Сайталиева, З.Т. Андаева, М. Жумабеков. // Известия Ошского технологического университета. – 2020. – № 2. – С. 74-81.
5. **Бирюлин, В.И.** Модернизация системы нечеткого вывода для оценки текущего состояния изоляции кабельных линий / В.И. Бирюлин, Д.В. Куделина // Интеллектуальная электротехника. – 2020. – № 2. – С. 74-81.

РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Сегодня российская энергетика переживает период изменений. Главной тенденцией, оказывающей влияние на развитие электросетевого комплекса во всем мире, является концепция Smart Grid (интеллектуальные электрические сети) [1-3]. Для России идеи Smart Grid особенно актуальны, так как состояние электрических сетей и непрерывный рост нагрузок требует скорейшей модернизации и внедрения инноваций.

Создание интеллектуальных электрических сетей (ИЭС) предполагает внедрение в централизованную электрическую сеть новых элементов системы электроснабжения – полупроводниковых регуляторов напряжения и мощности, установок на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и др.

При повсеместном внедрении ИЭС необходимо учитывать такие факторы, как влияние элементов сети на качество электроснабжения потребителей и их взаимное влияние. Данные исследования можно проводить на реально действующих или экспериментальных установках. Однако указанные подходы имеют недостатки. Ввиду высокой стоимости проведения эксперимента в реальной сети и больших временных затрат на обработку полученных данных может быть использовано имитационное моделирование. Для исследования электромагнитной совместимости новых элементов в ИЭС в программном комплексе PSCAD/EMTDC разработана имитационная модель [4, 5]. Интерфейс PSCAD позволяет создавать схемы в одно- или многолинейном исполнении, исследовать различные режимы работы. Более того, в PSCAD уже есть необходимые элементы: модель трансформатора, линий электропередачи, источников и различных электрических нагрузок. Наличие большого количества стандартных блоков облегчает разработку имитационных моделей ИЭС практически любой сложности, которые позволяют провести необходимый анализ. Результаты моделирования выводятся в виде графиков на экране монитора.

Разработанная имитационная модель ИЭС позволяет:

- исследовать работу ИЭС в нормальных и аварийных режимах;
- исследовать влияние тиристорных регуляторов и установок на основе ВИЭ на качество электроснабжения потребителей.

Библиографический список

1. **Ляпунов, А.И.** Интеллектуальные электрические сети Smart Grid / А.И. Ляпунов, Д.Д. Газе, Л.И. Федоряка // ADVANCED SCIENCE: сб. ст. Междунар. научно-практич. конф., 2017. – С. 77-80.
2. **Ерцкина, Д. А.** К вопросу об интеллектуальных электрических сетях // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2017. – Т. 3. – № 13. – С. 36-38.
3. **Лыков, А.Н.** Smart grid – проблемы и перспективы // Энергетика. Инновационные направления в энергетике. CALS-технологии в энергетике. – 2014. – № 1. – С. 164-170.
4. **Кошеков, К.Т.** Перспективы применения программного обеспечения PSCAD для моделирования процессов в электроэнергетических системах и сетях // Козыбаевские чтения - 2015: перспективы развития науки и образования: материалы междунар. научно-практич. конф., 2015. – С. 44-48.
5. **Мамедов, Т.А.** Расчет параметров электрических сетей с помощью современных программных комплексов // Вестник современных исследований. – 2018. – № 1.1 (16). – С. 117-118.

МОДЕЛИРОВАНИЕ 18-УЗЛОВОЙ СХЕМЫ МИКРОСЕТИ С ИСТОЧНИКАМИ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ В PSCAD

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Развитие малой распределенной генерации требует решения проблем устойчивости в сетях среднего и низкого напряжения. В [1] предложен подход и алгоритм для оценки устойчивости напряжения в микросети. Подход основан на сравнении величины напряжения в узле сети с критическим значением напряжения, которое определяется на этапе расчета режима.

Величина критического напряжения для каждого узла может отличаться, ее расчет трудоемкая задача, требующая моделирования всех возможных сценариев нормальной и аварийной работы сети. Поэтому для расчета режима сети целесообразно использовать специализированные программные комплексы для моделирования энергосистем, например PSCAD.

В качестве объекта моделирования использована 18-узловая микросеть 0,4 кВ, рекомендуемая CIGRE в качестве части тестовой модели Европейской низковольтной микросети для исследования устойчивости [2]. Нагрузки подключены в 11 и 15-18 узлах. В 15, 16 и 18 узлах к сети подключены три источника питания: 4 кВт солнечная панель, 5,5 кВт ветровая турбина и 3 кВт солнечная панель соответственно. Микросеть в узле 1 имеет связь с энергосистемой 20 кВ через понижающий трансформатор 20/0,4 кВ мощностью 400 кВА. Для поддержания частоты в изолированном режиме работы используется две аккумуляторные батареи мощностью 35 и 25 кВА, подключенные в 6 и 10 узлах через инверторы. Общий вид разработанной модели показан на рис. 1.

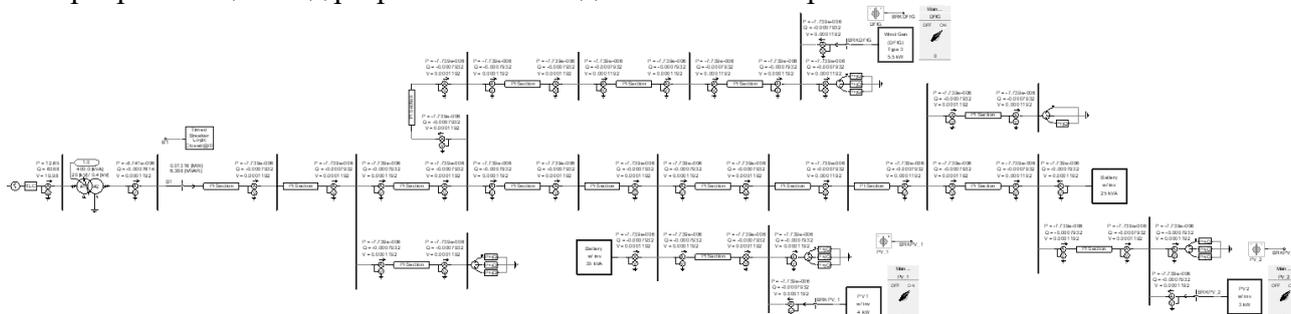


Рис. 1. Общий вид модели 18-узловой микросети 0,4 кВ

Для верификации модели проведено сравнение результатов тестовых опытов и выполнено сравнение полученных осциллограмм с приведенными в [2].

Структура разработанной модели универсальна. Используя разработанную модель, возможно проводить исследования устойчивости микросетей с различными типами источников питания, изменяя точки подключения и выбирая интересующий тип источника. При необходимости возможно скорректировать мощности и расположения нагрузочных ответвлений, тип и длину кабельных линий, параметры энергосистемы среднего напряжения.

Библиографический список

1. Липужин, И. А. Устойчивость напряжения в сетях с распределенной генерацией / И.А. Липужин // Актуальные проблемы электроэнергетики: сб. науч.-техн. ст. – Н. Новгород, 2020.
2. CIGRE Task Force C6.04.02: Technical Brochure 575. Benchmark systems for network integration of renewable and distributed energy resources. 2014. – 119 p.

ТРЕБОВАНИЯ LOW VOLTAGE RIDE THROUGH (LVRT) В СЕТЯХ С ИСТОЧНИКАМИ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В зарубежных сетевых стандартах [1] предъявляются требования к источникам распределенной генерации (в первую очередь ветряным и солнечным электростанциям), не допускающие отключение генераторных установок от сети при кратковременных снижениях напряжения в точке их подключения в режиме короткого замыкания во внешней электрической сети. Указанные требования известны как *Fault Ride-Through (FRT)*, *Low Voltage Ride-Through (LVRT)* или *Zero-Voltage Ride Through (ZVRT)*.

Массовые отключения генерирующего оборудования электростанций собственными технологическими защитами могут привести к возникновению небалансов активной мощности, а они к аварийной перегрузке оборудования, повышению частоты в системе и другим опасным последствиям [2]. Таким образом, требования *LVRT* относятся к проблеме динамической устойчивости энергосистем, однако ни в российских стандартах, ни в рекомендациях по оценке устойчивости энергосистем отсутствуют прямые аналоги *LVRT*.

В сетевых стандартах *LVRT* представляется в виде зависимости напряжения от времени (рис. 1). Выбор фактических значений напряжения и времени зависит от типа и мощности источника питания, класса напряжения и требований сетевой организации.

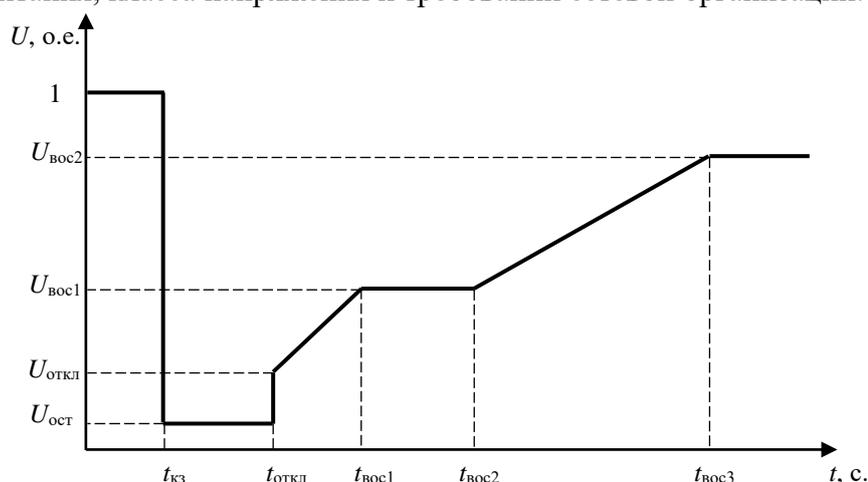


Рис. 1. Характеристика *LVRT* в точке подключения электростанции:

$t_{кз}$ и $U_{ост}$ – момент нарушения режима (короткого замыкания) и остаточное напряжение ($U_{ост} = 0$ для *ZVRT*); $t_{откл}$ и $U_{откл}$ – момент устранения неисправности (отключения поврежденного участка) и соответствующее ему напряжение; $t_{вос1,2,3}$ и $U_{вос1,2}$ – время в момент восстановления напряжения и напряжения после восстановления.

Каждый источник питания обладает собственной характеристикой *LVRT*. Для выполнения требований сетевой организации характеристика оборудования должна совпадать или находиться «ниже» заданной стандартом *LVRT*. Выход за пределы установленной характеристики может привести к срабатыванию технологических защит генерирующего оборудования.

Библиографический список

1. Commission Regulation (EU) 2016/631 of 14 April 2016 establishing a network code on requirements for grid connection of generators // Official Journal of the European Union. – 2016. – L. 112. – P. 1-68.
2. Воробьев, В. С. Особенности организации релейной защиты в схемах подключения ветряных и солнечных электростанций к ЕЭС России / В. С. Воробьев [и др.] // Известия НТЦ Единой Энергетической Системы. – 2017. – № 1(76). – С. 28-35.

ПРИМЕНЕНИЕ ИРПМ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ СЛОЖНОЙ КОНФИГУРАЦИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеев

Интеллектуальный регулятор потоков мощности (ИРПМ) – базовое устройство распределительной электрической сети (РЭС) недалекого будущего, функционирование которой будет организовано по принципу «Энергетического интернета» [1]. Обеспечение при помощи ИРПМ свободных перетоков мощности в РЭС среднего напряжения позволит новым участникам сети (производителям и потребителям электроэнергии (ЭЭ)) легко интегрироваться в общую инфраструктуру и обмениваться электроэнергией. Управление потоком распределением и качеством ЭЭ осуществляется за счет вольтодобавки, вносимой ИРПМ в ЛЭП при поперечном и продольном регулировании напряжения [2].

Цель исследований – определение оптимальной вольтодобавки в зависимости от места установки ИРПМ в РЭС.

Рассматриваются пять мест установки ИРПМ: узел генерации; узел потребителя; транзитный узел; узел просьюмера и конкурирующие транзитные узлы (рис.1).

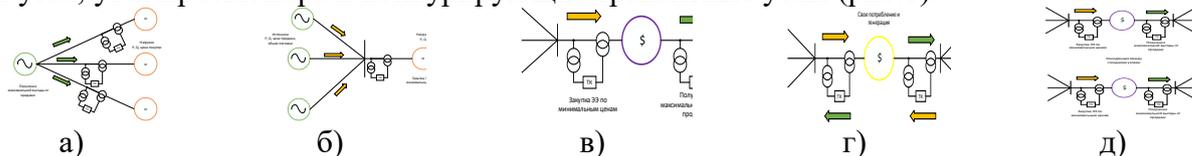


Рис. 1. Объекты исследования:

a – узел генерации; *b* – узел потребителя; *в* – транзитный узел; *г* – узел просьюмера; *д* – конкурирующие транзитные узлы

При установке ИРПМ в узле генерации задача заключается в обеспечении максимальной выгоды производителю ЭЭ. Исследуется взаимодействие источника бесконечной мощности и потребителей, готовых купить определенный объем ЭЭ.

Для узла потребителя минимизируются затраты потребителя ЭЭ. Исследуется взаимодействие потребителя и источников бесконечной мощности, готовых продать определенный объем ЭЭ.

Для транзитного узла ИРПМ решает оптимизационную задачу генерации и потребления. Исследуется взаимодействие потребителей и источников мощности в режиме транзита ЭЭ.

Для просьюмера установка ИРПМ обеспечивает покупку и продажу ЭЭ с максимальной выгодой. Исследуется возможность получения непрерывной прибыли от купли-продажи ЭЭ.

Интегрирование ИРПМ в конкурирующие транзитные узлы позволяет организовать «Интернет энергии», при этом исследуется взаимодействие потребителей и источников при конкуренции на объемы ЭЭ.

Методология исследования заключается в разработке математической модели в виде системы нелинейных уравнений, решение которой позволит с учетом интересов участников сети получить оптимальную вольтодобавку, обеспечивающую максимальный КПД.

Исследование выполнено на основе гранта РФФИ (проект № 20-19-0054).

Библиографический список

1. **Siebel, T.** The Internet of Energy, C3.ai, Apr 1, 2015 [Электронный ресурс]. – URL: <https://c3.ai/the-internet-of-energy/>

2. Пат. на изобретение RU 2621062. Тиристорное фазоповоротное устройство с вольтодобавочным трансформатором для сети среднего напряжения / А.А. Асабин, Е.Н. Соснина, А.А. Кралин, Е.В. Крюков; опубл. 31.05.2017. Бюл. №16.

УДК 537.31

ШУВАЛОВА Ю.Н., ШАЛУХО А.В., ВОРОШИЛОВ А.А., ХУДЯКОВ И.С.

ИССЛЕДОВАНИЕ УДЕЛЬНОЙ СТОИМОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ (ЛСОЕ) В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАСПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТА МИКРОГЕНЕРАЦИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В соответствии с энергетической стратегией Российской Федерации на период до 2035 г. одним из направлений повышения устойчивости и надежности энергоснабжения регионов является использование местных энергетических ресурсов, возобновляемых источников энергии и распределенной генерации.

Цель работы – исследование удельной стоимости электроэнергии в зависимости от расположения объекта микрогенерации.

В качестве основного критерия сравнения эффективности применения объектов применены критерии нормированной стоимости электроэнергии (ЛСОЕ) автономных станций, работающих на ВИЭ (СЭС, ВЭС) и дизельных установок (ДГУ). Расчет нормированной стоимости электроэнергии производился с учетом полного жизненного цикла энергетической установки.

Результаты расчетов представлены в табл. 1.

Таблица 1. Стоимость квтч электроэнергии в округах от различных источников микрогенерации

Федеральный округ (ФО)	СЭС			ВЭС			ДГУ		
	15 кВт	10 кВт	5 кВт	15 кВт	10 кВт	3,5 кВт	15 кВт	10 кВт	5 кВт
Центральный	30,79	39,83	44,45	26,53	31,21	40,88	309,05	148,79	80,98
Северо-Западный	32,27	41,74	46,58	31,59	37,16	48,67	315,49	151,88	82,67
Южный	27,46	35,53	39,65	9,48	11,15	14,63	302,88	145,82	79,37
Северо-Кавказский	26,03	33,67	37,58	10,16	11,96	15,67	302,55	145,67	79,28
Уральский	31,82	41,17	45,94	20,07	23,61	30,91	315,55	151,92	82,68
Сибирский	28,23	36,52	40,75	17,55	20,65	27,02	323,35	155,67	84,72
Дальневосточный	24,59	31,81	35,50	13,15	15,47	20,31	324,98	156,45	85,15
Приволжский	30,97	40,06	44,70	28,27	33,26	43,62	301,97	145,38	79,13

Результаты исследования позволяют сделать вывод, что применение ВИЭ в сравнении с традиционными (топливными) источниками микрогенерации наиболее привлекательно ввиду меньшей нормированной стоимости производимой электроэнергии.

Уже на сегодняшний день микрогенерация на основе ВИЭ актуальна в автономных системах, а также для параллельной работы с общей энергосетью.

На основе расчета средней нормированной стоимости электроэнергии показаны регионы, в которых внедрение СЭС и ВЭС будет перспективным. К таким районам относят Южный, Северо-Кавказский и Дальневосточный ФО.

В ходе исследования был сделан вывод, что регионы с преобладанием децентрализованного энергоснабжения (Дальневосточный и Сибирский) обладают достаточным ветровым и солнечным потенциалом, чтобы использовать в качестве основного энергоснабжения объекты микрогенерации на основе ВИЭ.

1. Михайлов, Т.С., Метод расчета «приведенной» себестоимости электрической энергии для оценки эффективности проектов распределенной генерации / Т.С. Михайлов. – М., 2016.

УДК 621.314.2

ШУМСКИЙ Н.В., СЕМЕНОВ И.И., СОСНИНА Е.Н.

ОБУЧЕНИЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИРПМ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Концепция «Энергетический интернет» в рамках распределительной электрической сети (РЭС) среднего напряжения основана на оптимизации потокораспределения интеллектуальными регуляторами потоков мощности (ИРПМ) [1]. ИРПМ имеет полуавтономную децентрализованную систему управления (СУ), оперирующую параметрами электроснабжения на участке сети и принимающей решение о регулировании.

Для обеспечения быстродействия, точности, эффективности, гибкости сети и способности к ее дальнейшему развитию принято решение о нейросетевом подходе при разработке СУ. Внедрение в искусственные нейронные сети (ИНС) алгоритмов управления происходит на этапе обучения одним из способов:

- *обучение с учителем.* ИНС обучается на размеченном наборе данных и предсказывает ответы, используемые для оценки точности алгоритма на обучающих данных;
- *обучение без учителя.* ИНС использует неразмеченные данные, из которых алгоритм самостоятельно пытается извлечь признаки и зависимости;
- *обучение с подкреплением.* Тренировка алгоритма при помощи системы поощрений. ИНС получает обратную связь в виде вознаграждений за правильные действия.

На данном этапе исследования была опробована методика обучения ИНС с учителем [2], для чего была создана модель участка РЭС с ИРПМ (рис. 1). Получены данные расчетных режимов смоделированного участка и проведена их сортировка и оптимизация. Сформированный набор данных использован для обучения и тестирования системы управления в компьютерной модели участка РЭС с ИРПМ (рис. 2).

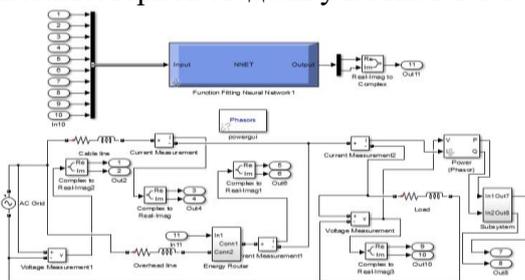


Рис. 1. Компьютерная модель участка РЭС с ИРПМ и СУ

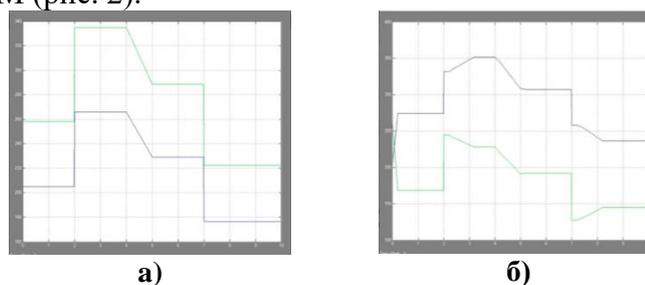


Рис. 2. График токов в КЛ и ВЛ для эксперимента: а – без СУ; б – с СУ

В ходе экспериментов была доказана эффективность применения методики обучения ИНС с учителем. Удалось произвести перераспределение потоков мощности в режиме реального времени (рис. 2). Однако для обучения потребовался значительный набор данных, получить который в реальных условиях будет проблематично. Дальнейшая работа направлена на изучение методик обучения ИНС без использования набора данных.

Исследование выполнено на основе гранта Российского научного фонда (проект № 20-19-0054).

Библиографический список

1. Пат. на изобретение RU 2621062. Тиристорное фазоповоротное устройство с вольтодобавочным трансформатором для сети среднего напряжения / А.А. Асабин, Е.Н. Соснина, А.А. Кралин, Е.В. Крюков; опубл. 31.05.2017. Бюл. №16.
2. Development of a Distributed Energy Router Control System Based on a Neural Network / E. Sosnina [et al.] // International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM). – Chelyabinsk (Russia), 2020.

УДК 621.31

ЭРДИЛИ Н.И., ШАЛУХО А.В., ВЛАСОВ А.С.

РАЗРАБОТКА МУЛЬТИАГЕНТНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОСЕТЬЮ С ИСТОЧНИКАМИ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Объектом исследования является интеллектуальная электрическая сеть (микросеть) напряжением 0,4 – 10 кВ, объединяющая распределенные объекты с разнохарактерной собственной генерацией (энергетические ячейки). Актуальная задача – управление выработкой, потреблением и перераспределением электроэнергии, обеспечивающее эффективную работу микросети [1]. Исследование посвящено разработке мультиагентной системы (МАС) управления микросетью, функционирование которой основано на взаимодействии множества агентов [2].

Рассматриваемая микросеть включает в состав: мини-электростанции, работающие на органическом топливе; энергоустановку на ТОТЭ; энергоустановки на ВИЭ (ветрогенератор, солнечные электростанции); накопители электроэнергии; потребители.

Разработана структурная схема микросети и проведен анализ возможных перетоков электрической мощности. Для функционирования МАС было введено следующее множество агентов и описаны принципы их взаимодействия:

$$Ag_i = \langle Ag_{цэс}, Ag_{мэс}, Ag_{виэ}, Ag_{тотэ}, Ag_{нэ}, Ag_{шин}, Ag_{лэп}, Ag_{т}, Ag_{н} \rangle,$$

где агенты: $Ag_{цэс}$ – централизованной сети; $Ag_{мэс}$ – распределенной генерации миниэлектростанции; $Ag_{виэ}$ – распределенной генерации ВИЭ; $Ag_{тотэ}$ – распределенной генерации энергоустановок с ТОТЭ; $Ag_{нэ}$ – накопителей электроэнергии; $Ag_{шин}$ – шин; $Ag_{лэп}$ – линии электропередач; $Ag_{т}$ – трансформатора; $Ag_{н}$ – нагрузки.

Определены правила функционирования агентов, а также согласования их действий. В рамках исследования МАС управления предполагается: разработка отдельных агентов; разработка связей между агентами; выбор программно-вычислительного комплекса для исследования работы МАС; исследование взаимодействия агентов и эффективности работы микросети в различных режимах.

Библиографический список

1. Соснина, Е. Н. Вопросы обмена электрической энергией между объектами распределенных систем электроснабжения / Е.Н. Соснина, А.В. Шалухо, Н.И. Эрдили // 24-я Нижегородская сессия молодых ученых (технические, естественные, математические науки). – Нижний Новгород, 2019. – С. 245–247.
2. Булатов, Ю.Н. Мультиагентные технологии управления в системах электроснабжения магистральных железных дорог / Ю.Н. Булатов, А.В. Крюков, А.П. Куцый // Системы. Методы. Технологии. – 2018. - № 1 (37) – С. 56-65.

УДК 621.922

БЕРЕЗКИН В.С., ШУРЫГИН А.Ю.**ВЫБОР ТИПОРАЗМЕРА ПЛОСКОГО ШЛИФОВАЛЬНОГО КРУГА
ДЛЯ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ОБРАБОТКИ**

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

В современном машиностроении всё чаще используются материалы, представляющие трудности при их обработке, например, керамика, жаропрочные стали и др. [1]. В связи с этим существующие методы обработки резанием необходимо усовершенствовать. Так, метод шлифования можно усовершенствовать увеличением скорости вращения шлифовального диска, однако, возникает необходимость проведения исследований прочностных характеристик шлифовальных кругов, предназначенных для высокоскоростной обработки, с целью определения критической скорости вращения круга, при которой происходит его разрыв [2].

Проведение подобных испытаний в реальных условиях требует наличия специального испытательного стенда, следовательно, и затрат на его приобретение, а также времени на испытания [3]. Более экономичным методом исследования является проведение компьютерного моделирования, например, в среде ANSYS [4].

В рамках работы были проведены исследования на прочность конструкции нескольких шлифовальных кругов в среде моделирования ANSYS с целью изучения прочностных характеристик кругов и выбора типоразмера плоского шлифовального круга для высокоскоростной обработки.

Для исследования были выбраны шлифовальные круги типов 1А2Т и 6А2Т по ГОСТ 53923-2010 с наружным диаметром 100-400 мм.

Результаты исследования позволили сделать несколько заключений о характеристиках и конструкции шлифовальных кругов. Выявлена общая для всех типоразмеров кругов критическая скорость вращения, приводящая к появлению пластических деформаций в теле круга 150 м/с. При этом для конструктивного исполнения круга 1А2Т с наружным диаметром 300 мм значения максимальных напряжений и перемещений вдоль оси вращения оказались меньше, чем для остальных конструкций кругов.

Библиографический список

1. **Jun, Y.** Experimental Study and Numerical Simulation of the Intermittent Feed High-Speed Grinding of TC4 Titanium Alloy / Y. Jun, Z. Wei, D. Zhaohui // Metals. – 2019 - V.9. – No.802. – 18 p.
2. Improving the design of diamond wheel for high-speed grinding / A.G. Mamalis [et al.] // Journal of Machining and Forming Technologies. – 2013. – V. 8. – No. 1-2. – P. 1-2.
3. **Зубарев, Ю.М.** Теория и практика повышения эффективности шлифования материалов: учеб. пособие / Ю.М. Зубарев, А.В. Приемьшев. – СПб. : Лань, 2010. – 304 с.
4. **Ласточкин, Д.А.** Прочность шлифовальных кругов и их конструкции / Д.А. Ласточкин, Д.Л. Скуратов // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королёва (национального исследовательского университета). — Самара, 2006. — С. 3-5.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ФЛЮСОВ ДЛЯ ПАЙКИ АЛЮМИНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время алюминий становится основным материалом для изготовления радиаторов и большинства других теплообменных устройств. Широкому применению алюминия способствуют такие положительные свойства, как высокая теплопроводность, низкий удельный вес, хорошая коррозионная стойкость, легкость обработки и др.

Несмотря на то, что в качестве традиционного материала при изготовлении теплообменных устройств долгое время применялась медь и ее сплавы, алюминий (более дешевый материал) обладает значительными преимуществами. При аналогичных тепловых характеристиках теплообменники из алюминия имеют меньшую массу по сравнению с медными, что способствует обеспечению конструкции и снижению себестоимости изготовления.

Все эти факторы делают его практически идеальным материалом для производства различных видов радиаторов (теплообменников), в том числе для автомобильной промышленности, мировое производство которых составляет десятки миллионов штук в год.

При изготовлении автомобильных теплообменников широко применяется процесс пайки. Алюминий относится к труднопаяемым металлам, так как окись алюминия весьма стойка. Для пайки алюминия наиболее широко применяются паяльные флюсы. Они разрушают оксидные пленки металла и припоя, обеспечивают хорошее взаимодействие материалов.

В настоящее время для высокотемпературной пайки алюминия применяются флюсы на основе эвтектик, содержащих хлориды лития, калия, натрия, а также на основе эвтектики системы KF-AlF₃.

Флюсы на основе эвтектики KF-AlF₃ получили широкое применение, так как остатки данных флюсов не вызывают коррозии паяных соединений и не требуют удаления после пайки, что значительно сокращает время и затраты на изготовление изделий.

Основным технологическим свойством флюсов, наряду с другими (краевым углом смачивания, скоростью смачивания, временем растекания припоев), является растекаемость припоев с данными флюсами. Она же одновременно является характеристикой и активности флюсов, так как за одно и то же время припой с более активным флюсом растекается на большую площадь паяемой поверхности.

В работе исследовано влияние различных концентраций химических соединений во флюсах на основе эвтектики KF-AlF₃ на растекаемость припоя АЛ2 по сплаву АМц, а также приведены исследования микроструктуры паяных образцов.

ПРОГРАММИРОВАНИЕ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «КОРПУС КЛАПАННОЙ КОРОБКИ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ САМ-СИСТЕМЫ

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

Технологический процесс обработки детали «Корпус клапанной коробки» предусматривает на одной из операций токарную обработку детали на токарном станке

ТС1625Ф3 в специальном приспособлении. Подготовка управляющей программы для станка с ЧПУ ведется с использованием САМ-приложения, интегрированного в систему трехмерного моделирования КОМПАС-3D – Модуль ЧПУ. Токарная обработка.

На первом этапе выбирается система ЧПУ FANUC Series 0iTD, которой оснащен станок ТС1625Ф3, назначенный для обработки детали.

На втором этапе определяются заготовка, инструменты, приспособление, исходная точка и зона безопасности, используемые при обработке детали «Корпус клапанной коробки».

На третьем этапе программируется последовательность всех технологических переходов обработки детали на данной операции с помощью следующих типов стратегий обработки: многопроходная, контур, канавка и нарезание резьбы резцом.

Программирование растачивания внутренних цилиндрических поверхностей с помощью обработки «Многопроходная» показано на рис. 1.

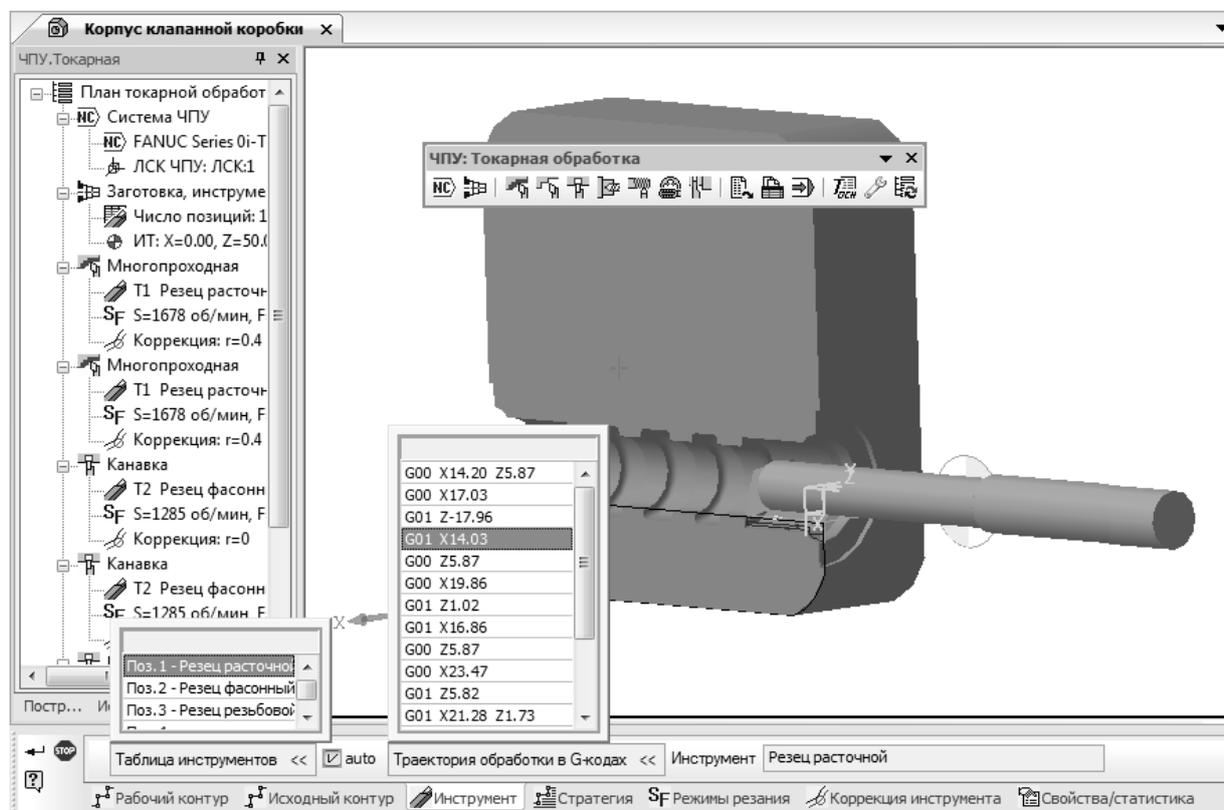


Рис. 1. Программирование растачивания внутренних цилиндрических поверхностей с помощью обработки «Многопроходная»

После программирования обработки всех технологических переходов выполняется генерация кода управляющей программы и ее верификация с целью проверки правильности перемещения инструмента относительно заготовки и отсутствия столкновений.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕЛИЧИН ДЕФОРМАЦИЙ ДЕТАЛИ «КОРПУС КЛАПАНА» ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ СИЛ И СИЛ РЕЗАНИЯ ВО ВРЕМЯ ОБРАБОТКИ

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

Спроектированный технологический процесс изготовления детали «Корпус клапана» предполагает токарную обработку в трехлачковом патроне на одной из операций. Деталь представляет собой тройник с двумя фланцами и смещенным центром тяжести, что делает возможным деформацию обрабатываемых поверхностей под действием центробежных сил и сил резания во время обработки.

Для исследования величин деформаций поверхностей детали «Корпус клапана» под действием центробежных сил и сил резания во время обработки в системе инженерного анализа ANSYS®Mechanical построена конечно-элементная модель.

Деталям в модели заданы свойства материалов, из которых они изготовлены с использованием приложения Engineering Data расчетной среды ANSYS Workbench. Затем создана конечно-элементная расчетная сетка и определены типы контактного взаимодействия деталей расчетной модели.

При помощи граничных условий Fixed Support, Nodal, Nodal Force и Rotational Velocity смоделированы: закрепление приспособления на шпинделе станка, силы резания и центробежные силы, действующие во время обработки на деталь и станочное приспособление (рис. 1).

После выполнения расчета доступны эпюры деформаций, которые показывают, что величины смещений некоторых обрабатываемых поверхностей превышают поле допуска на них.

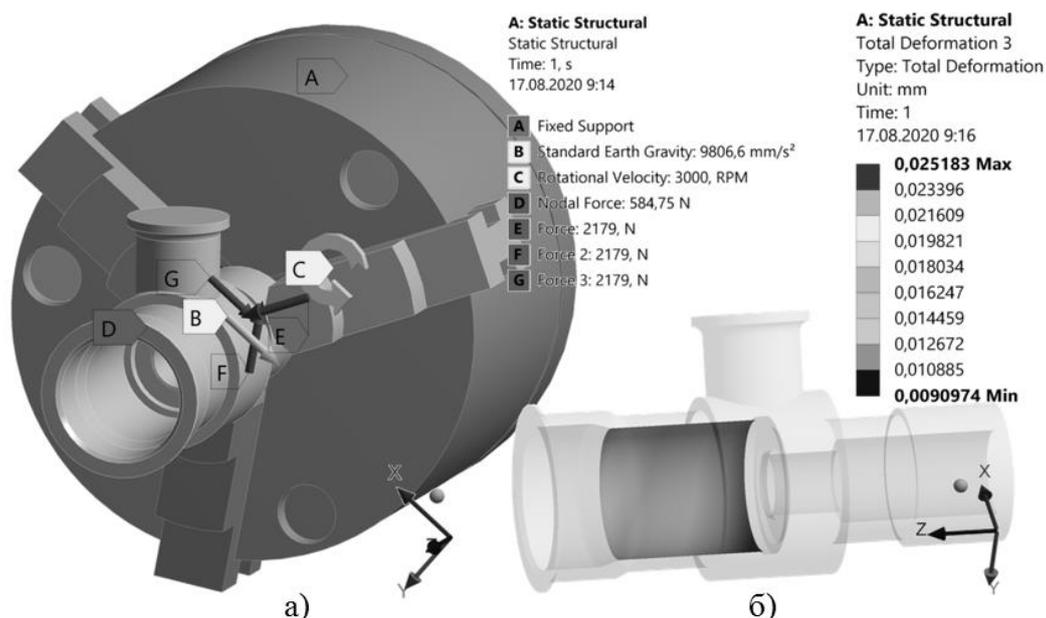


Рис. 1. Модель детали «Корпус клапана» с приложенными граничными условиями (а) и рассчитанные эпюры деформаций, возникающие в детали под действием сил (б)

В дальнейшем на основании расчетов частота вращения шпинделя была уменьшена до 1000 об/мин, при которой величины смещения обрабатываемых поверхностей становятся значительно меньше, чем поля допусков на них.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Развитие машино- и приборостроения неразрывно связано с разработкой и внедрением прогрессивных технологических процессов, основанных на новейших достижениях науки и техники.

Благодаря постоянным исследованиям и возможности внедрения новых технологий на производстве существенно расширяется применение лазерных технологий. Наряду с увеличением производительности, лазеры дают принципиально новые результаты обработки материалов. В последние годы созданы простые и надежные промышленные лазеры с большим ресурсом работы и регулируемыми параметрами излучения.

Процессы лазерной технологии относительно просты в осуществлении и легко управляемы. Использование лазерной обработки позволяет автоматизировать процесс производства, получить изделия высокого качества и обеспечить заданную производительность процессов. При использовании лазеров возможно получить технические и экономические результаты, которые не выполнить другими видами обработки.

Высокая локализация излучения и отсутствие механического воздействия пучка лазера на объект обработки позволяют реализовать различные операции: сварку, резку, поверхностное упрочнение и другие операции, которые осуществляются на легко деформируемых изделиях и деталях, в том числе и вблизи теплочувствительных элементов.

Лазерная сварка относится к термическому классу процессов сварки, для которых получение неразъемного соединения достигается местным расплавлением материалов с последующей кристаллизацией расплава. При затвердевании расплава между атомами материалов устанавливаются прочные химические связи.

Источником тепловой энергии для активации поверхности соединяемых твердых материалов при сварке лазером служит энергия излучения, поглощаемая материалами в зоне воздействия лазерного пучка.

Лазерную сварку производят на воздухе или в среде защитных газов. Лазерным лучом легко управлять и регулировать с помощью зеркальных оптических систем. Луч легко транспортируется и направляется в труднодоступные для других способов сварки места.

На лазерную сварку не влияют магнитные поля, что обеспечивает стабильное формирование шва. В процессе лазерной сварки обеспечивается небольшой объем сварочной ванны, малая ширина зоны термического влияния, а также высокие скорости нагрева и охлаждения. Эти параметры обеспечивают малые деформации и высокую прочность сварных соединений.

В данной работе рассмотрены схемы лазерных сварочных установок и описаны их особенности, подобрано оборудование для лазерной сварки и выполнен расчет ее режимов.

ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИИ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ КОНСТРУКЦИЙ ТИПА КАПСУЛА ДЛЯ ГОРЯЧЕГО ИЗОСТАТИЧЕСКОГО ПРЕССОВАНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Капсулы для процесса горячего изостатического прессования подвергаются сжатию рабочей средой – аргоном с давлением около 1500 атм при повышенной температуре свыше 1000 °С.

Поскольку при данном процессе сварные соединения подвергаются значительным нагрузкам, перспективно использование способов сварки, обеспечивающих высокое качество сварных соединений.

В настоящее время в отрасли порошковой металлургии капсулы изготавливаются преимущественно из стали 20, но рассматривается использование стали 08X18H10T как материала, обладающего хорошей технологической прочностью при горячей пластической деформации. Основным способом сварки, принятым на современных металлургических предприятиях, является ручная TIG сварка с присадочным материалом. Однако при этом способе сварки при последующем газостатировании наблюдается разгерметизация некоторых капсул. Причиной может служить отклонение параметров режима сварки от требуемых, насыщение водородом металла шва вследствие многократного зажигания и гашения дуги или использования некачественных защитных газов.

Произведена оценка вариантов различных видов сварки капсул для процесса ГИП. Вследствие недостатков ручной TIG сварки альтернативой может послужить использование автоматических и высокоэнергетических способов сварки, с помощью которых можно значительно повысить качество сварных соединений. Рассматривается лазерная сварка и автоматическая TIG сварка с присадочным металлом.

Автоматическая TIG сварка обеспечивает стабильно высокое качество и эксплуатационную надёжность сварных соединений, способствует повышению производительности сварочных работ [1]. Однако было установлено, что наилучшим вариантом является использование лазерной сварки с дополнительной газовой защитой корня шва. Вследствие более высокой концентрации энергии по сравнению с другими сварочными источниками обеспечивается малый объём расплавленного металла, незначительные размеры зоны термического влияния, минимальные деформации и высокая технологическая прочность [2].

Работа выполнена в НГТУ им. Р. Е. Алексеева по Договору с ПАО «Русполимет» от 20 сентября 2019г. № 19/2504/83-04/1075/19 при финансовой поддержке государства в лице Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках соглашения от 18 декабря 2019г. №075-11-2019-084 (идентификатор государственного контракта 0000000007519SZB0002).

Библиографический список

1. Одно- и многопостовые системы для автоматической сварки неповоротных стыков трубопроводов атомных станций / Н. М. Махлин [и др.] // Автоматическая сварка. - 2011. - №11. - С. 34-44.
2. Григорьянц, А. Г. Основы лазерной обработки материалов / А. Г. Григорьянц. – М.: Машиностроение, 1989. – 304 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ АВТОМОБИЛЬНОГО КОЛЕСА ИЗ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА, РЕМОНТ КОТОРОГО ПРОИЗВЕДЕН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВАРКИ

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

В Арзамасском политехническом институте (филиале) НГТУ им. Р.Е. Алексеева проводятся исследования в части обеспечения качества выполнения ремонта автомобильных колес, изготавливаемых из алюминиевых сплавов (далее – колес). Одной из задач, решаемых в рамках данной темы, является исследование прочности колес из алюминиевых сплавов, ремонт которых производится с использованием сварки.

Исследования показали, что ремонт колес с использованием сварки производится без соответствующих разрешительных документов (ТУ, регламентов, сертификатов). В работах [1, 2] научно обоснована необходимость сертификации работ по правке автомобильных колес, в том числе с использованием сварки. Исследования прочности колес на стадии производства и при проведении работ по их сертификации производятся согласно ГОСТ 30599-2017 «Колеса из легких сплавов для пневматических шин», который предусматривает исследование прочности колес на специальном лабораторном оборудовании. Такие исследования проводятся выборочно на заводах, изготавливающих колеса, и в специальных лабораториях при их сертификации.

Состояние материала, колеса на предел прочности, предел текучести и относительное удлинение производится на образцах, изготовленных по ГОСТ 1497-84 «Методы испытаний на растяжение». В нашем случае требуется рихтовка образцов, изготовленных из радиусных полос центральной части обода колеса, для этого можно использовать гидравлический пресс [3], который может воздействовать на поверхность материала заготовки с задаваемым усилием. Вырезание колец из опытного колеса для изготовления образцов для исследований на растяжение производится с использованием специальной оправки [4], а закрепление колеса в оправке токарного станка производится, как в работе [5].

Результаты исследования прочности сварного шва колеса в зоне соединения спицы с ободом на изгиб с кручением, исследование образцов материала колеса на растяжение не выявили его разрушения. Общий вид сварного шва на опытном колесе показан на рис. 1.



Рис. 1. Фрагмент колеса со сварочным швом в зоне сопряжения спицы колеса с ободом:
а - вид на внутреннюю поверхность обода;
б - вид сверху на посадочную полку обода колеса

В статье, кроме описания проводимых исследований, представлена методика дополнительных исследований прочности нового колеса с выполненным сварным швом и нового

целого колеса. Оба колеса подбираются из одной серии поставки с похожими на ранее исследуемое колесо, конфигурацией и параметрами спиц. Необходимость проведения исследований по новой методике вызвана противоречивыми результатами первоначальных испытаний.

Библиографический список

1. **Платонов, А.В.** Выработка концепции сертифицирования ремонта легкосплавных дисков автомобильных колес / А.В. Платонов, Д.В. Пронин, И.А. Платонов // Международный технико-экономический журнал. – 2017. – № 5. – С. 73-77
2. Исследование в области сертификации технологий по правке дисков автомобильных колес/ Н.А. Барышев [и др.] // Будущее технической науки: сб. материалов XVI Междунар. молодежной научно-технич. конф. – 2017. – С. 174-175.
3. **Платонов, А.В.** Модернизированный гидравлический пресс / А.В. Платонов, Б.С. Синович // Машиностроитель. – 1986. – № 2. – С. 45-49.
4. Пат. на полезную модель 156313 РФ. Оправка для позиционирования и закрепления дисков автомобильных колес при обработке на токарных станках / А.В. Платонов, А.В. Крупнов, И.А. Платонов, Д.А. Гатилов; ГОУ ВПО НГТУ. - № 2015124334/02; заявл. 23.06.2015; опубл. 10.11.15, Бюл. № 31.
5. Пат. на полезную модель 79259 РФ. Стенд для правки дисков автомобильных колес/ А.В. Платонов, И.А. Платонов, М.В. Зотов; ГОУ ВПО НГТУ. - № 2008129942/22; заявл. 21.07.2008; опубл. 27.12.2008, Бюл. № 36.

УДК 629.3.027.484+621.785.019

ПРОНИН Д.В., ПЛАТОНОВ А.В., ЩЕГЛЕТОВ К.А., ПЛАТОНОВ И.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ ПРИ СВАРКЕ ДЕФЕКТНЫХ УЧАСТКОВ АВТОМОБИЛЬНОГО КОЛЕСА, ИЗГОТОВЛЕННОГО ИЗ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА

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

В работе [1] были представлены теоретические и экспериментальные исследования в части применения сварки при ремонте повреждений автомобильных колес, изготовленных из алюминиевых сталей. Исследования материала колес методом цветной дефектоскопии и рентгеноскопические дают представление только о наличии наружных и внутренних дефектов материала колеса [2]. Эксплуатационную надежность колес, отремонтированных с использованием сварки, можно оценить только по результатам исследований механических свойств материала отремонтированного колеса и стендовых испытаний самого колеса согласно ГОСТ 30599-2017 «Колеса из легких сплавов для пневматических шин Технические требования и методы испытаний».

Для исключения отмеченных недостатков проведены эксперименты, первым этапом которых явилось подготовка образцов для выполнения на них сварочных швов. Образцы вырезались из поверхности посадочной полки обода колеса размером 15 дюймов. Образец № 1 не подвергался никаким воздействиям и являлся «эталонным», с него также проводился забор стружки для определения химического состава (марки материала) колеса. На образцах №2 и №3 были сделаны сквозные поперечный и продольный пропилы соответственно, имитирующие характерные повреждения (трещины) на посадочной полке обода колеса. Образцы №2 и №3 ремонтировались присадочной проволокой марки ER 4043 2,0 с использованием аргоно-дуговой сварки и сварочным аппаратом Foxweld TIQ AC/DC. Материал проволоки СвАК5 ГОСТ 7871-2019. При выполнении сварки контролировалась температура вблизи зоны сварки и на расстоянии. Термопары были установлены рядом со сварным швом и на наиболее удаленном участке образца. Контроль осуществлялся двумя термопарами типа ТХА (хромель-алюмель) ТР-01А, подсоединенными к тестерам DT-838 (погрешность измерения $\pm 2,5^{\circ}\text{C}$), время разогрева и остывания поверхностей образцов фиксировалось. Мак-

симальная температура нагрева колеса при сварке (в непосредственной близости от сварного шва) составила $+565^{\circ}\text{C}$, в наиболее удаленной точке от зоны шва (на краю образца) зафиксирована температура на уровне $+229^{\circ}\text{C}$. Фиксировалось время остывания образа в различных его зонах.

В работах [3, 4] показано, что локальный разогрев изделий из алюминиевых сплавов снижает показатели прочности материалов, но данное утверждение не обосновывается экспериментально. Исследование твердости образцов с выполненными сварными швами не выявило большой разницы по твердости материала в зоне сварки и соседних областях (рис. 1). Маркером на рисунке выделены зоны целого материала и сварки, показаны величины твердости, соответствующие стандартным требованиям, предъявляемым к материалам колес из легких сплавов, т.е. полученные результаты противоречат работам [3 и 4].

Полное представление о прочности колеса с наличием сварочного шва в сравнении с похожим целым колесом могут дать комплексные исследования на испытательном оборудовании по методикам, рекомендованным в ГОСТ 30599-2017.



Рис.1. Твердость образцов в зоне сварочного шва и в соседних областях

Библиографический список

1. Исследование возможности применения сварки при ремонте легкосплавного автомобильного колеса / Д.В. Пронин [и др.] // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка металлов давлением. – 2019. №10. – С. 30-39.
2. Кошурина, Н.А. Обзор методов контроля состояния автомобильного диска из легких сплавов до и после проведения ремонта / Н.А. Кошурина, А.В. Платонов, Д.В. Пронин // Социально-экономические и технические проблемы оборонно-промышленного комплекса: история, реальность, инновации: Межвуз. сб. стат. по мат. IV Всеросс. научно-практич. конф. – Н. Новгород, 2017. – С. 231-238.
3. Gitter, R. Design of Aluminium Structures: Selection of Structural Alloys Structural Design according to Eurocode 9: Essential Properties of Materials and Back-ground Information, Brussels 2008 [Электронный ресурс]. – URL: http://eurocodes.jrc.ec.europa.eu/doc/WS2008/EN1999_4_Gitter.pdf
4. Влияние режимов термической обработки и нанесения декоративно-защитного покрытия на механические свойства и структуру дисков автомобильных колес из сплава АК7пч / Т.А. Богданова [и др.]. [Электронный ресурс] – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-rezhimov-termicheskoy-obrabotki-i-naneseniya-dekorativno-zaschitnogo-pokrytiya-na-mehanicheskie-svoystva-i-strukturu-diskov/viewer>

ОЦЕНКА ПУЛЕСТОЙКОСТИ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ АЛЮМОМАТРИЧНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МОДЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Сплавы алюминия с магнием, цинком, медью и некоторыми другими металлами обладают достаточно высокими механическими характеристиками, обеспечивающими приемлемый уровень противопульной стойкости [1]. Однако дальнейшее развитие баллистической защиты только легированием и термомеханической обработкой ограничено, поэтому в мире ведутся работы по применению алюмоматричных композиционных материалов для баллистической защиты.

В НГТУ им. Р. Е. Алексеева разработана технология получения алюмоматричного композиционного материала, позволяющая получать композиционный материал с меньшей стоимостью [2], и для оценки баллистической стойкости материала и сварного шва был проведен модельный эксперимент. Пластины из композиционного материала были сварены встык. Режим сварки: сварочный ток 90 А, напряжение на дуге 26В, расход защитного газа 12 л/мин, частота переменного тока 100 Гц, диаметр неплавящегося электрода 3 мм, диаметр сопла горелки 10 мм. Использовалась присадочная проволока АМг5 и образцы из композиционного материала со степенью насыщения 20%. Несмотря на то, что предел прочности на разрыв образцов сварных не уступает основному материалу, глубина внедрения индентера «сердечник пули ПС43 ТУС» в сварной шов значительно больше (рис. 1)

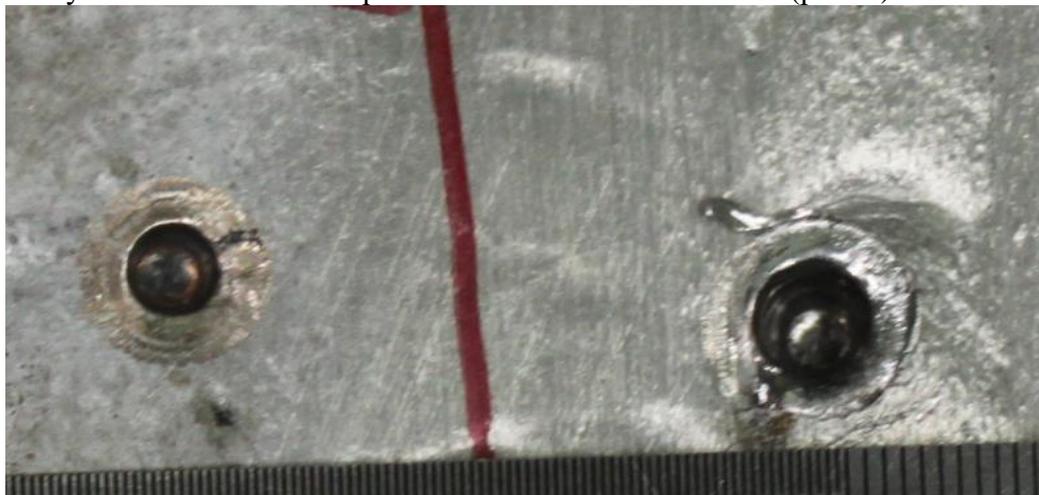


Рис 1. Пример попаданий образец и X образное сварное соединение, использовалась пуля ПС43 ТУС

Поэтому для выполнения сварных соединений элементов баллистической защиты необходима разработка специальной сварочной проволоки, по составу близкой к материалу основы.

Библиографический список

1. **Чернышов, Е.А.** Развитие материалов для баллистической защиты на основе алюминиевых сплавов / Е.А. Чернышов, А.Д. Романов, Е.А. Романова // Заготовительные производства в машиностроении. – 2015. – № 10. – С. 43-47.
2. Разработка технологии получения алюмоматричного литого композиционного материала с помощью синтеза упрочняющей фазы оксида алюминия в расплаве алюминия / Е.А. Чернышов [и др.] // Изв. вузов. Порошковая металлургия и функциональные покрытия. – 2017. – № 4. – С. 29-36

**ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ
АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

В настоящее время лазеры широко применяются на многих промышленных предприятиях, в том числе и для выполнения сварки. Излучение лазера с помощью оптических систем может быть сфокусировано в пятно диаметром в несколько микрометров и в считанные секунды проплавить поверхность металлов.

Лазерную сварку следует рекомендовать к применению, когда ставится задача получения конструкции, форма и размеры которой практически не должны изменяться в результате сварки. При этом достигается значительное упрощение технологии изготовления.

Применение лазерной сварки позволяет уменьшить размеры сварных соединений. Качество сварных швов, получаемых данным способом, намного выше.

Сплавы алюминия применяются в различных отраслях промышленности благодаря уникальному сочетанию свойств: высокой удельной прочности, коррозионной стойкости и теплопроводности. По показателям удельной прочности алюминиевые сплавы превосходят низкоуглеродистые и низколегированные стали.

Алюминий и его сплавы имеет теплопроводность примерно в 5 раз выше, чем у сталей, поэтому тепло от места сварки интенсивно отводится в свариваемые детали, что требует повышенного тепловложения по сравнению со сваркой сталей.

Алюминиевые сплавы достаточно чувствительны к влиянию окружающей среды с образованием окисных включений и пор при взаимодействии с атмосферой воздуха. При температуре выше температуры плавления алюминий интенсивно окисляется. В связи с этим при разработке технологии их сварки лазерным лучом требуется более тщательная защита шва от воздействия окружающей среды. Для защиты сварного шва от окисления и воздействия на плазму используются различные защитные газы - He, Ar, CO₂, N₂, а также их смеси.

В данной работе приведены результаты лазерной сварки алюминиевых сплавов типа АМг6.

**ВЕРИФИКАЦИЯ МОДЕЛИ КАВИТАЦИИ РЭЛЕЯ-ПЛЕССЕТА НА МОДЕЛЯХ
ШНЕКОЦЕНТРОБЕЖНЫХ СТУПЕНЕЙ НАСОСОВ**

АО «ОКБМ Африкантов»

Работа является развитием тематики расчета кавитации в насосных агрегатах с применением расчетных CFD кодов, в частности продолжением работы, результаты которой приведены в [1]. Основной результат этой работы заключается в проведенной верификации математической модели Рэля-Плессета для определения кавитационных характеристик шнекоцентробежного насоса на номинальном режиме.

Для этого было проведено сравнение расчетов с применением моделей турбулентности $k-\epsilon$ и SST. Определен размер расчетной сетки, при котором достигается сеточная сходимость: для модели с использованием $k-\epsilon$ величина составляет порядка 4 млн. яч., а для SST порядка 7 млн. яч.

Установлено, что для данной геометрии шнека и рабочего колеса лучшим вариантом является модель SST, как дающая меньшее отклонения от данных эксперимента величиной 5,38 %, в среднем по характеристике, против модели $k - \varepsilon$, дающей 10 % (за исключением точек, непопавших в экспериментальный диапазон $\Delta h(\text{NPSH})$). В бескавитационном режиме модель SST дает отклонение величиной 1,1 %, в отличие от $k - \varepsilon$, дающей отклонение в 11,5 %. На рис. 1 приведена визуализация полученных результатов.

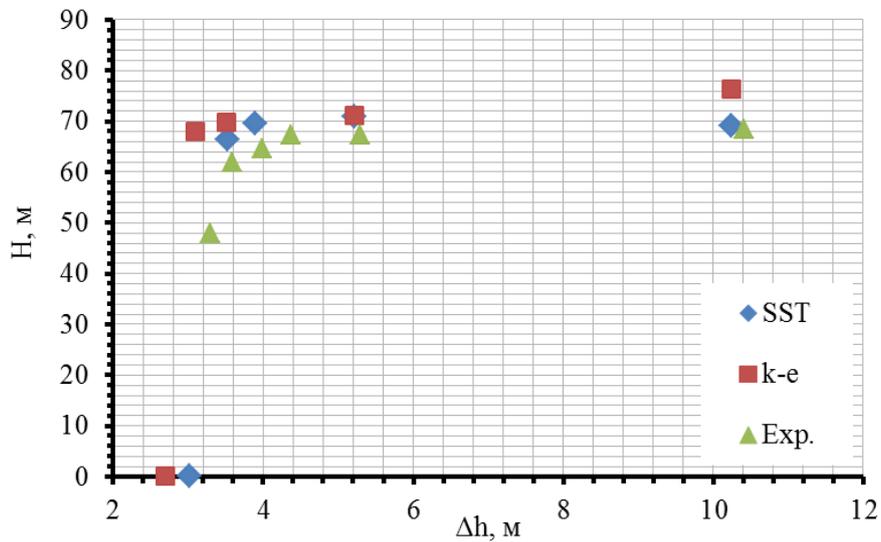


Рис. 1. Сравнение экспериментальных и расчетных кавитационных характеристик модельного шнекоцентробежного насоса

1. **Чистяков, О.А.** Опыт проектирования криогенного насосного оборудования / О.А. Чистяков [и др.] // Разработка, производство и эксплуатация трубо-, электронасосных агрегатов и систем на их основ: труды X Междунар. научно-технич. конф. «СИНТ'2019». – Воронеж: Научная книга, 2019. – С. 95-103.

СЕКЦИЯ 4

НАЗЕМНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА И ТРАНСПОРТНО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ

Подсекция 4.1

Конструирование наземных транспортных средств

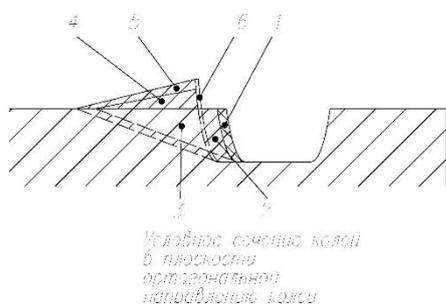
УДК 629.365

БЕЛЯЕВ А.М., МАКАРОВ В.С.

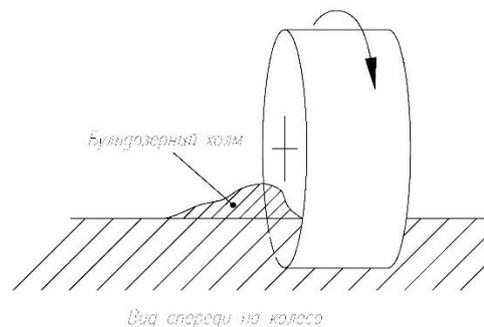
СХЕМА ФОРМИРОВАНИЯ КОЛЕИ ОДИНОЧНЫМ КОЛЕСОМ ПРИ КРИВОЛИНЕЙНОМ ДВИЖЕНИИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ПО ГРУНТУ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

При криволинейном движении колесной машины по грунтовым поверхностям происходит разрушение опорного основания не только в направлении движения колеса, но и в плоскости, ортогональной его боковой поверхности. При этом наблюдается интенсивный рост сопротивления из-за наличия экскавационно-бульдозерных эффектов с внешней стороны колеса (рис. 1). В работах [1-4] рассматривался вопрос формирования бульдозерного холма, также были приведены значения экспериментов, но не рассматривалась математическая модель его формирования, позволяющая теоретически описать данный процесс и определять силы и моменты в зоне контакта колеса с опорной поверхностью. Чтобы определить силы и моменты, действующие на колесо, нужно знать схему взаимодействия колеса с грунтом. Схема формирования бульдозерного холма показана на рис. 2.



Условное сечение колеи
в плоскости
ортогональной
направлению колеса



Вид сверху на колесо

Рис. 1. Условное сечение колеи в плоскости, ортогональной боковой поверхности колеса

Рис. 2. Формирование бульдозерного холма при движении колеса в режиме бокового увода

При повороте происходит смятие грунта (зона 1) в пределах упругой деформации. На схеме на рис. 2 показан условный участок сжатия — величина смятия. На зону 2 происходит сдвиг вбок, обусловленный кинематикой поворота. При этом наблюдается сдвиг клина 3 в

каждый момент времени и рост бульдозерного холма (зона 4) на величину (зона 5), равную участку сдвига (зона 2).

Так как колесо имеет боковые грунтозацепы, то часть грунта выносится назад (экскавационный эффект с боковой стороны) на величину участка б. При этом колея расширяется в зависимости от параметров шины и буксования колеса. Таким образом, используя данную схему и характеристики грунта, можно рассчитать общее сопротивление, возникающее при криволинейном движении колеса по грунтовой поверхности.

Данная работа проведена при финансовой поддержке грантов Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых ученых - докторов наук МД-226.2020.8.

Библиографический список

1. Экспериментальные исследования поворота многоосных колесных машин / Л.В. Барахтанов [и др.] // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева.– 2012.– № 4 (97).– С. 175-181.
2. **Гончаров, К.О.** Влияние экскавационно-бульдозерных эффектов возникающих при криволинейном движении колеса на сопротивление качению / К.О. Гончаров, В.С. Макаров, В.В. Беляков // Наука и образование.– 2010.– № 6. С. 15–21.
3. **Гончаров, К.О.** Экспериментальные исследования многоосной колесной машины / К.О. Гончаров, В.С. Макаров, В.В. Беляков // Наука и образование.– 2010.– № 12.– С. 10.
4. Сопротивление от бульдозерных эффектов, возникающих при повороте машины, оснащенной колесным двигателем / В.С. Макаров [и др.] // Будущее технической науки: материалы VII Междунар. научно-технич. молодежной конф.– Нижний Новгород : НГТУ им. Р.Е.Алексеева, 2008. С. 88-89.

УДК 629.365

БЕЛЯЕВ А.М., БЕЛЯКОВ В.В., МАКАРОВ В.С.

ИССЛЕДОВАНИЕ СИЛЫ СОПРОТИВЛЕНИЯ ОТ БОКОВОГО СДВИГА СПЕЦИАЛЬНЫХ ШАССИ С КОЛЕСНОЙ ФОРМУЛОЙ 6X6

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

При криволинейном движении колесной машины по опорным поверхностям возникает дополнительное экскавационно-бульдозерное сопротивление. В теории движения колесных машин принято три подхода. Первый основан на теории бокового увода (скольжения) колес машины. При этом сила сопротивления рассчитывается в основном только с учетом скольжения или сил смятия грунта с боковой поверхности колеса. Однако в данном случае совсем не учитывается явление нагребания бульдозерного холма и экскавации материала полотна пути боковыми грунтозацепами. Второй подход основан на аналогии повороту гусеничных машин. В данном случае сопротивление повороту рассчитывается через коэффициент сопротивления повороту. В большинстве моделей также не рассматривается экскавационно-бульдозерные эффекты. Третий подход – экспериментальный. Рассматривает сопротивление повороту также через коэффициент сопротивления повороту, только полученный экспериментально. При этом в литературе даны числовые значения, которые могут быть использованы только для конкретной машины. При изменении параметров шасси и характеристик опорных поверхностей указанные коэффициенты изменяются на порядки.

В любом из трех случаев для получения необходимых данных нужно знать силу сопротивления от бокового сдвига. Поэтому были проведены исследования по замеру данной силы на шасси с колесной формулой 6x6. На рис. 1 показаны данные, проведенные профессором Беляковым В.В. по исследованию сопротивления поворота на грунте на шасси ГПИ-3901. [1-3] На рис. 2 дан фрагмент замера на снегу на шасси ТС «Корсак»[4-6].



Рис. 1. Замер силы сопротивления повороту на ГПИ-3901 на грунте



Рис. 2. Замер силы сопротивления повороту на ТС «Корсак» на снегу

Таким образом, имея полученные данные, можно рассчитать силы сопротивления поворота многоосных колесных машин.

Работа проведена при финансовой поддержке грантов Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых ученых - докторов наук МД-226.2020.8.

Библиографический список

1. Экспериментальные исследования поворота многоосных колесных машин / Л.В. Барахтанов [и др.] // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева.– 2012.– № 4 (97).– С. 175–181.
2. **Гончаров, К.О.** Влияние экскавационно-бульдозерных эффектов возникающих при криволинейном движении колеса на сопротивление качению / К.О. Гончаров, В.С. Макаров, В.В. Беляков // Наука и образование.– 2010.– № 6.– С. 3.
3. **Гончаров, К.О.** Экспериментальные исследования многоосной колесной машины / К.О. Гончаров, В.С. Макаров, В.В. Беляков // Наука и образование.– 2010.– № 12.– С. 10.
4. Транспортное средство «Корсак» для обслуживания линейных объектов / Д.В. Зезюлин [и др.] // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева.– 2014.– № 4 (106).– С. 336–341.
5. **Капустин, А.Г.** Разработка дизайна многоосного транспортного средства повышенной проходимости Korsak / А.Г. Капустин, В.С. Макаров // Будущее технической науки: сб. материалов XVIII Всеросс. молодежной научно-технич. конф. – Н. Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2019. – С. 133-134.
6. Field research of profile trafficability of 6×6 wheel assembly Korsak vehicle / A.V. Papunin [et al.] // Journal of Physics: Conference Series.– 2019.– С. 012051.

УДК 629.365

БЕЛЯЕВ А.М., ЖАРКОВ Е.В., МАКАРОВ В.С.

РАСЧЕТНАЯ СХЕМА ДВИЖЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНОГО ШАССИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ КРИВОЛИНЕЙНОГО ДВИЖЕНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Мониторинг береговых зон необходим. В НГТУ разработан автономный мобильный робототехнический комплекс (АМРК) для мониторинга данных территорий [1-4]. Его преимущество перед стационарными постами в мобильности, высокой проходимости и подвижности [5, 6].

Для решения задачи обеспечения подвижности АМРК шасси должно обладать тяговыми характеристиками, достаточными для движения во всех условиях эксплуатации. Для этого нужно знать характеристики опорных поверхностей [7-12] и параметры шасси. Это было сделано ранее авторами работы.

Сам процесс взаимодействия шасси с опорной поверхностью береговой зоны и расчет проходимости может быть проведен расчетным методом, а также методом имитационного моделирования в пакетах прикладных программ MSC.ADAMS или Универсальный механизм. Однако для выполнения расчетов необходимо задать траекторию движения, позволяющую оценить эффективность движения, и потребную мощность шасси при криволинейном движении. Поэтому была разработана специальная трасса для оценки этих параметров.

Моделирование движения АМРК должно проводиться по С-образной траектории, содержащей пять характерных участков:

- 1 – трогание и разгон до заданной скорости;
- 2 – вхождение в поворот;
- 3 – установившееся криволинейное движение с заданным радиусом;
- 4 – выход из поворота;
- 5 – прямолинейное установившееся движение.

Параметры сил сопротивления оцениваются по средним значениям на участках 3 и 5. Так, на примере движения по береговой зоне на песчаном основании приrost сопротивления движения при криволинейного движения составил 21,2% [13, 14].

Данная работа проведена при финансовой поддержке грантов Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых ученых - докторов наук МД-226.2020.8.

Библиографический список

1. Coastal monitoring of the Okhotsk Sea using an autonomous mobile robot / V. Beliakov [et al.] // Science of Tsunami Hazards. – 2017. – V. 36–1. – P.1–12.
2. Autonomous Robotic System for Coastal Monitoring / A. Kurkin [et al.] // Twelfth international conference on the Mediterranean coastal environment (MEDCOAST 15). – 2015. – V. 1 and 2. – P. 933-943.
3. Unmanned Ground Vehicles for Coastal Monitoring / A. Kurkin [et al.] // International Journal of Imaging and Robotics. – 2017. – V. 17– 1. – P. 64-75.
4. Autonomous Mobile Robotic System for Environment Monitoring in a Coastal Zone / A. Kurkin [et al.] // Procedia Computer Science. – 2017. – V. 103. – P. 459 – 465.
5. Концепция подвижности наземных транспортно-технологических машин / В.В. Беляков [и др.] // Труды НГТУ им. П.Е. Алексеева. – 2013. – № 3 (100). – С. 145-175.
6. Подвижность наземных транспортно-технологических машин / В.В. Беляков [и др.] // Труды НГТУ им. П.Е. Алексеева. – 2013. – № 4 (101). – С. 72-77.
7. Study of coastal soil surfaces of sakhalin island / A. Kurkin [et al.] // Paper presented at the 13th International MEDCOAST Congress on Coastal and Marine Sciences, Engineering, Management and Conservation, MEDCOAST 2017. – 2017. – V. 2. – P.775-785.
8. **Макаров, В.С.** Разработка научно обоснованных технических решений по созданию подвижных комплексов мониторинга береговых зон // Дисс... доктора техн. наук: 05.05.03. Моск. гос. техн. ун-т им. Н.Э. Баумана, 2017.
9. Study of trafficability conditions of typical soils of coastal zones of sakhalin island (Russian Federation) / V. Makarov [et al.] // Paper presented at the 19th International and 14th European-African Regional Conference of the ISTVS, 2017.
10. Field research of drag-and-traction characteristics of mobile robotic system in coastal zone / A.M. Belyaev [et al.] // Paper presented at the Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – P. 1177(1).
11. **Belyaev, A.M.** Study of efficiency of a 6x6 all-terrain vehicle in coastal zone / A.M. Belyaev, V.V. Belyakov, V.S. Makarov // Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – № 709(4).
12. **Belyaev, A.M.** Method of assessment of special wheel chassis mobility in cases of sand-gravel bases crossing // A.M. Belyaev, V.S. Makarov // Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2018. – № 194(2).
13. Analysis of the main bases of the coastal zone, as a pathway for the movement of special vehicle and monitoring complexes / A.M. Belyaev [et al.] // Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2018. – № 386(1).
14. Experimental Theoretical Study of the Mobile Robotic System Movement with Caterpillar-modular Propulsion on the Beach Line Terrain / A. Belyaev [et al.] // Proceedings of the 6th International Conference on Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems (VEHITS 2020) . – 2020. – P. 567-572.

УДК 629.365

ЖУКОВ С.С.¹, МАРКОВНИНА А.И.², МАКАРОВ В.С.², БЕЛЯКОВ В.В.²

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЕ ПРЕОБЛАДАЮЩИХ ВЕТРОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ СНЕЖНОГО ПОКРОВА

Нижегородский государственный инженерно-экономический университет¹,
Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева²

Снежный покров является одновременно средой для движения транспортных машин, а также средой для разработки рабочими органами технологических машин. В теории движения и работы транспортно-технологических машин для расчета их параметров необходимо знать физико-механические параметры снега. Для расчета эффективности необходимо знать, как меняются эти параметры в течение зимнего периода с учетом привязки к конкретной местности. Такой подход, описывающий местность с привязкой к ГИС, позволяет просчитать «снежные карты подвижности» [1], и является частью «теории подвижности профессора Белякова».

Формирование снежного покрова и изменение его характеристик во времени описывается зависимостями из работ [2-5]. В них указаны характеристики для открытой местности. Для реальной местности присущи сложные геометрические формы рельефа, наличие объектов антропогенного и естественного происхождения. Это, в первую очередь, дороги разного уровня, протяженные линейные объекты, равнины, реки, болота, лесные массивы, противопожарные просеки, опушки, ямы, балки, холмы, склоны, овраги, и в том числе непреодолимые участки или приравненные к ним.

Также одним из факторов, влияющих на высоту снежного покрова, является направление преобладающих ветров. Для лесных массивов с наветренной стороны высота снега до трех раз больше, а для подветренной – до двух раз меньше, чем на открытых участках. Для снега на склонах холма высота с наветренной стороны меньше в два раза, а с подветренной в два раза больше. Небольшие ямы и овраги могут быть полностью засыпаны снегом, образуя ровную поверхность с остальной местностью, при этом высота снега в них может составлять в 1,5-2 раза больше [6-9].

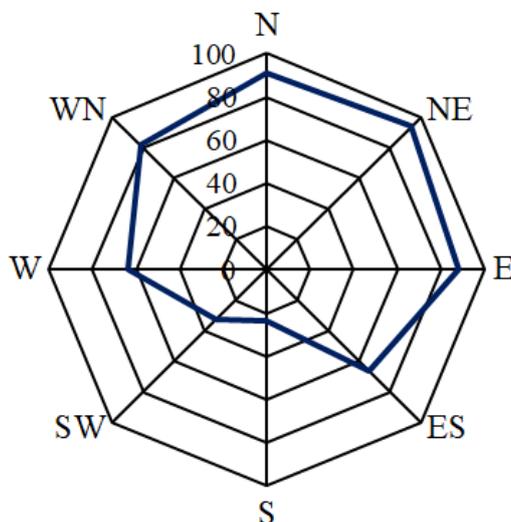


Рис. 1. Максимальная усредненная по годам высота снежного покрова для разных склонов холмов

Было проанализировано влияние преобладающих ветров для участка местности с холмами в районе села Белка Княгининского района Нижегородской области. С учетом данных [2-5] касательно высоты снега на равнинном участке, а также данных по ветрам рассмотрим, как будет изменяться высота снега на разных склонах холма.

Таким образом, полученные данные можно использовать при формировании «снежных карт подвижности» и последующего расчета подвижности транспортно-технологических машин на местности.

Работа проведена при финансовой поддержке грантов Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых ученых - докторов наук МД-226.2020.8.

Библиографический список

1. Моделирование атласа карт подвижности наземных транспортно-технологических машин на примере Нижегородской области / В.В. Беляков [и др.] // Безопасность транспортных средств в эксплуатации: сб. материалов 79-й междунар. научно-технич. конф. – Н. Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2012.– С.135-139.
2. **Макаров, В.С.** Снег как полотно пути для транспортных средств / В.С. Макаров, Д.В. Зезюлин, В.В. Беляков // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований.– 2014.– № 4.– С. 21-24.
3. **Макаров, В.С.** Об изменении характеристик снежного покрова в течение зимы и их влияние на проходимость транспортных средств / В.С. Макаров, Д.В. Зезюлин, В.В. Беляков // Международный журнал экспериментального образования.– 2014. – № 8-2.– С. 89-90.
4. **Макаров В.С.** Исследование статистического распределения характеристик снежного покрова как полотна пути для транспортно-технологических машин в нижегородской области / В.С. Макаров, К.О. Гончаров, В.В. Беляков // Снежный покров, атмосферные осадки, аэрозоли: технология, климат и экология: материалы II-й Байкальской междунар. научно-практич. конф. 2018.– С.184-188.
5. К вопросу выбора экспериментальных данных для составления статистических моделей снежного покрова как полотна пути для транспортно-технологических машин / В.В. Беляков [и др.] // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева.– 2014.– № 1 (103).– С. 136-141.
6. Характер изменения снежного покрова как полотна пути с учетом неравномерности его залегания на местности / В.С.Макаров [и др.] // Современные проблемы науки и образования.–2013.–№4.–С.33.
7. Формирование снежного покрова в зависимости от ландшафта местности и оценка подвижности транспортно-технологических машин в течение зимнего периода / В.С. Макаров [и др.] // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2013. – № 2 (99). – С. 155-160.
8. Оценка эффективности колесных машин в течение зимы с учетом изменчивости характеристик снежного покрова/В.С.Макаров [и др.] // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2014. – №4(106). – С.342-347.
9. **Макаров В.С.** Анализ влияния местности на параметры снежного покрова / В.С. Макаров, Д.В. Зезюлин, В.В. Беляков // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 8-1. – С. 21-25.

УДК 629.365

ЖУКОВ С.С.¹, БЕЛЯКОВ В.В.²

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Нижегородский государственный инженерно-экономический университет¹,
Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева²

Современная технология производства сельскохозяйственной продукции подразумевает наличие общей технологической цепочки человека – оператора сельскохозяйственной техники. Исключение человека из технологической цепочки производства сельскохозяйственной продукции значительно расширяет возможности повышения качества производства продукции. Территория сельскохозяйственных предприятий постоянно увеличивается, растет количество обрабатываемых земель, отчего и возрастает спрос на профессиональные

кадры и на технику. Из этого следует, что возрастают расходы на содержание таких ресурсов, т.е. должны увеличиваться и доходы производства. Последнее достигается гораздо труднее и следует продумать стратегию уменьшения расходов. Такая стратегия реализуется в передовых зарубежных странах. Она заключается во внедрении автоматизированных комплексов в сельское хозяйство. Робот может заменить нескольких человек, а «армию» таких средств механизации может контролировать 2-3 человека (оператора).

Для оценки подвижности и эффективности специальных шасси необходимо знать характеристики полотна пути, по которому будет передвигаться машин. Поэтому были проведены измерения физико-механических свойств поля сельскохозяйственного назначения около с. Белка Княгининского района, являющиеся собственностью ООО «Новый Век» (Белкинский сельсовет). Области исследований были выбраны на основе: анализа картографической информации, рельефа местности, грунтовых поверхностей и назначения на календарный год. В Нижегородской области тип почв – серые лесные, виды почв – чернозем и суглинок.

Измерения физико-механических характеристик грунта проводились определением сопротивления пенетрации, с последующим пересчетом через аналитические зависимости. [1-9]. Значения определяли получением среднего значения по результатам 10 замеров в точках, расположенных друг от друга на расстоянии не менее 10 см. Замеры проводились следующим образом:

- поле разбивалось на участки, которые представляют ключевое значение с точки зрения передвижения;
- определялось положение прямоугольной зоны на характерном участке с расположенными на нем 10 точками для измерения пернетрометром;
- для каждой точки с помощью GPS-трекера определялись координаты;
- с середины каждого участка снималось по две пробы грунта: для определения массы и влажности.

Полученные данные были сведены в таблицы. По показаниям пенетрометра определялось сопротивление пенетрации, необходимое для вычисления значений модуля упругости, угла внутреннего трения и коэффициент сцепления. Взвешивание грунта с естественном и сухом состояниях позволяют определить плотность и влажность.

Работа проведена при финансовой поддержке грантов Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых ученых - докторов наук МД-226.2020.8.

Библиографический список

1. Исследование движения шасси мобильного робототехнического комплекса с гусенично-модульным двигателем по песчаному опорному основанию / А.М. Беляев [и др.] // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева – 2020.– №2(129) – С. 94-106
2. **Макаров, В.С.** Разработка научно обоснованных технических решений по созданию подвижных комплексов мониторинга береговых зон //Дисс.... докт. техн. наук: 05.05.03. Моск. гос. техн. ун-т им. Н.Э. Баумана, 2017.
3. **Belyaev, A.M.** Study of efficiency of a 6x6 all-terrain vehicle in coastal zone / A.M. Belyaev, V.V. Belyakov, V.S. Makarov // Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.– 2020. – 709(4).
4. **Belyaev, A.M.** Method of assessment of special wheel chassis mobility in cases of sand-gravel bases crossing // A.M. Belyaev, V.S. Makarov // Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2018. – 194(2).
5. Analysis of the main bases of the coastal zone, as a pathway for the movement of special vehicle and monitoring complexes / A.M. Belyaev [et al.] // Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2018. – № 386(1).
6. Experimental Theoretical Study of the Mobile Robotic System Movement with Caterpillar-modular Propulsion on the Beach Line Terrain / A. Belyaev [et al.] // Proceedings of the 6th International Conference on Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems (VEHITS 2020). – 2020. – P. 567-572.
7. Study of coastal soil surfaces of sakhalin island / A. Kurkin [et al.] // Paper presented at the 13th International MEDCOAST Congress on Coastal and Marine Sciences, Engineering, Management and Conservation, MEDCOAST 2017. – 2017. – V. 2. – P.775-785.

8. Study of trafficability conditions of typical soils of coastal zones of sakhalin island (Russian Federation) / V. Makarov [et al.] // Paper presented at the 19th International and 14th European-African Regional Conference of the ISTVS, 2017.
9. Field research of drag-and-traction characteristics of mobile robotic system in coastal zone / A.M. Belyaev [et al.] // Paper presented at the Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – № 1177(1).

УДК 62-592

РОМАНОВ И.Д., РОМАНОВА Е.А., ЧЕРНЫШОВ Е.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АЛЮМОМАТРИЧНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА В СРАВНЕНИИ С ЧУГУНОМ СЧ 24 ДЛЯ ОЦЕНКИ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СПЛАВА В КАЧЕСТВЕ МАТЕРИАЛА ДЛЯ ТОРМОЗНОГО ДИСКА АВТОМОБИЛЯ

Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева

Целью работы является оценка возможности замены чугуна СЧ24 (ГОСТ 1412-85) на алюмоматричный композиционный материал (АКМ), насыщенный частицами Al_2O_3 , полученный по технологии внутреннего окисления, позволяющей снизить стоимость получения сплава [1].

Схема испытаний на трение и износ представлена на рис. 1. Палец ($\varnothing 6,3$ мм) изготавливали из материалов (СЧ 24, сплав АКМ), диск — из автомобильной тормозной колодки российского производства. Путь трения составлял 900 м, скорость — 0,5 м/с. Давление изменялось от 0,5 до 2 мПа, что соответствует прикладываемой нагрузке 15,58 и 62,31 Н соответственно. В ходе испытания нагрузка линейно увеличивалась с 15,58 до 62,31 Н в течение первых 300 с, затем нагрузка оставалась постоянной 62,31 Н в течение 1500 с.

Коэффициент трения определяли на участках стабильного трения. Интенсивность изнашивания определяли, как отношение разницы масс до и после испытания к пути трения.

Данные по среднему коэффициенту трения и интенсивности изнашивания приведены в табл. 1.

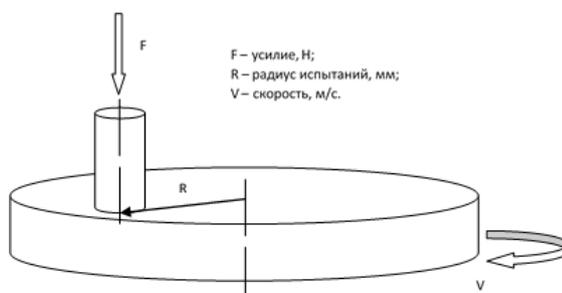


Рис. 1. Схема испытаний

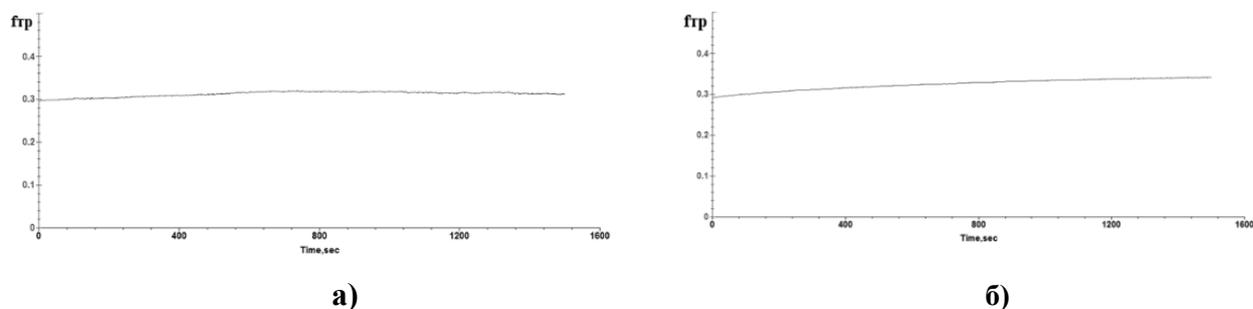


Рис. 2. Динамика изменения коэффициентов:
а – трения СЧ24; б – трения АКМ

Меньшая плотность АКМ позволяет при равной прочности и стойкости к истиранию, а также коэффициенту трения снизить массу детали «диск тормозной» в 2-2,5 раза по сравнению с аналогичной деталью из чугуна СЧ 24.

1. Разработка технологии получения алюмоматричного литого композиционного материала с помощью синтеза упрочняющей фазы оксида алюминия в расплаве алюминия / Е.А. Чернышев [и др.] // Изв. вузов Сер. Порошковая металлургия и функциональные покрытия. – 2017. – № 4. – С. 29-36.

УДК 623

РОМАНОВ И.Д., РОМАНОВА Е.А., ЧЕРНЫШОВ Е.А.

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ И СОВРЕМЕННЫЕ КОЛЕСНЫЕ УДАРНЫЕ МАШИНЫ МАССОЙ ОТ 5 ДО 12 Т

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Для ведения активных боевых действий применяются боевые машины, основная задача которых непосредственное участие в общевойсковом бою. Для таких целей в современных условиях наиболее подходят танки, БМП и БТР, оборудованные повышенной активной и пассивной защитой и имеющие мощное вооружение. Бронеавтомобили применяются в основном для огневой поддержки мобильных групп, выполнения разведывательных и поисково-спасательных задач, боевого патрулирования, сопровождения колонн и других целей [1]. Благодаря комплексу свойств (стоимость, масса, скорость, подвижность) бронеавтомобили в начале XX в. стали оптимальным элементом моторизации кавалерийских войск. Однако, несмотря на успешное развитие бронеавтомобилей, приоритет отдавался разработке и выпуску танков, являвшихся ударной силой сухопутных войск.

После окончания Второй Мировой войны развитие ударных бронеавтомобилей было ограниченным, но в 1950 – 1960-х годах к ним возрос интерес, и они снова заняли место в войсках практически всех стран мира. Однако до настоящего времени, даже в армиях, ведущих боевые действия, продолжают «полевые модернизации» техники с целью повышения огневой мощи, зачастую изначально не предназначенной для участия в боевых действиях.

В рассматриваемом диапазоне 5-12 т практически все ударные бронеавтомобили имеют моторное отделение в кормовой части корпуса. Это связано с необходимостью повышенной бронезащиты передней части корпуса. В ряде случаев двигатель установлен в передней части корпуса слева или справа от водителя, в основном характерно для машин массой свыше 10 т. Применяется также установка двигателя в средней части корпуса и башней в корме корпуса.

При этом считается, что установка двигателя в передней части машины и размещение экипажа за передней колесной осью будут способствовать снижению уязвимости личного состава при взрыве мины под передней балкой. Однако необходимо отметить, что значительно ослабить воздействие ударной волны на членов экипажа позволяют различные конструкции сидений, обеспечивающие их высокие амортизационные свойства.

При этом существуют два принципиальных подхода: несущий кузов позволяет снизить массу машины, однако увеличивает стоимость и при получении повреждений, связанных с нарушением геометрии корпуса, практически не подлежит исправлению.

Второй вариант - установка корпуса на раму позволяет обеспечить модульность (многовариантность) конструкции и облегчает ремонт, однако увеличивает массу машины. Ремонтпригодность обеспечивается крупноузловой заменой агрегатов и механизмов в полевых условиях.

Ряд бронеавтомобилей создан с использованием брони на основе алюминиевых сплавов. Применение алюминиевой брони основывается на ряде ее преимуществ, основными из

которых являются: обеспечение экономии массы бронекорпуса из алюминиевых сплавов в сравнении с равностойким из стали [2].

Библиографический список

1. **Романов, И.Д.** История развития и современное состояние колесных легких бронированных машин / Романов И.Д., Чернышов Е.А., Романов А.Д. // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2016. – № 4 (47). – С. 40-48.
2. **Чернышов, Е.А.** Развитие материалов для баллистической защиты на основе алюминиевых сплавов/ Чернышов Е.А., Романов А.Д., Романова Е.А. // Заготовительные производства в машиностроении. – 2015. – № 10. – С. 43-47.

УДК 629.3.021

ГОЛУБЕВ М.С., КУЛАГИН А.Л., ГОНЧАРОВ К.О.

НАГРУЖЕНИЕ ПЕДАЛИ РАБОЧЕЙ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ СПОРТИВНОГО АВТОМОБИЛЯ КЛАССА FORMULA STUDENT

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Педаля рабочей тормозной системы является неотъемлемой частью тормозной системы автомобиля и непосредственно влияет на результат эффективного торможения. Проектируя рабочую тормозную систему, необходимо определить геометрические характеристики педали тормоза.

При создании модели педали тормоза учитывались компоновочные и эксплуатационные особенности: ось вращения, взаимодействие данного элемента с главными тормозными цилиндрами, соотношение геометрических параметров для создания необходимого давления в контурах рабочей тормозной системы. Дополнительные аспекты моделирования педали тормоза: масса изделия и технологичность производства.

Исходя из данных параметров была сформирована модель педали тормоза для оценки прочностных свойств и надежности разработанного элемента.

Ключевым параметром нагружения является значение нагрузки в 2000 Н, прописанное в техническом регламенте международных инженерных соревнований Formula SAE. Благодаря данному параметру, педаль тормоза должна выдержать приложенную нагрузку без деформации и снижения эффективности торможения.

Модель нагружения формировалась в программном пакете конечного-элементного моделирования Femap. При моделировании, а также с учетом дальнейшего изготовления данной детали использовался материал Сталь с характеристиками: модуль Юнга - $2.1 \cdot 10^5$ МПа, коэффициент Пуассона - 0,3, плотность - $7,85 \text{ г/см}^3$, предел текучести - 255 МПа.

При моделировании нагрузка в 2000 Н была распределена в области взаимодействия пилота с педалью тормоза. Исходя из результатов анализа максимальное напряжение составляет 212 МПа, при этом деформации 0,6 мм от исходного положения.

На основании полученных результатов можно утверждать, что материал и конструкция педали соответствуют эксплуатационным нагрузкам, а также кратковременной нагрузке в 2000 Н по условиям технического регламента.



Рис. 1. Разработанная модель педали тормоза

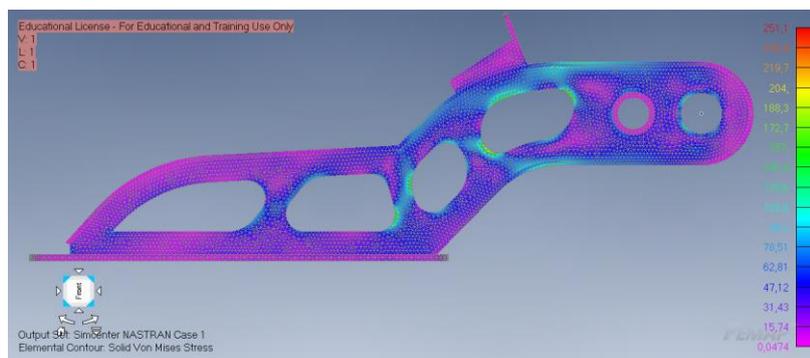


Рис. 2. Прочностной анализ педали тормоза в программном пакете Femap

УДК 629.3.022

ГУЛИН М.С., КУЛАГИН А.Л., БУТИН Д.А., ГОНЧАРОВ К.О.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛОВ ПОВОРОТА УПРАВЛЯЕМЫХ КОЛЕС И РАСПОЛОЖЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Для определения требуемых углов поворота управляемых колес проектируемого автомобиля необходимы исходные данные, связанные с минимальным радиусом поворота и шириной трассы. Параметры минимального радиуса поворота и ширины трассы отражены в техническом регламенте международных инженерных соревнований Formula SAE и составляют 4500 мм и 3500 мм соответственно.

Дополнительно учитываются конструктивные параметры разрабатываемого транспортного средства такие : колесная база - 1535 мм и ширина колеи передней оси – 1200 мм.

С использованием этих данных на основе кинематических схем были определены максимальные теоретические углы поворота для жестких колес. Значения для внутреннего и внешнего колеса относительно центра поворота составляют 34 и 24 градуса соответственно.

Во время поворота автомобиля с эластичными колесами на него действуют боковые силы, из-за этого пневматическая шина деформируется, и происходит боковой увод на внешнем колесе. Следовательно, угол поворота внешнего колеса в реальной ситуации будет отличаться от теоретического в меньшую сторону. Поэтому было принято решение задать теоретический угол поворота внешнего колеса больше необходимого, чтобы благодаря боковому уводу он достиг нужного значения.

Для проверки теоретических данных по углам поворота управляемых колес, области расположения рулевой рейки (в соотношении с максимальным ходом зубчатой части рейки), точек крепления рулевых тяг на поворотном кулаке была создана виртуальная модель рулевого управления (рис. 1) в программном пакете моделирования сложных машин и механизмов - MSCAdams.

В ходе результатов моделирования были получены уточняющие данные касательно области расположения рулевой рейки, длины рулевых тяг и расположения точка крепления рулевых тяг на поворотном кулаке. Дополнительно получены данные с наглядной зависимостью углов поворота управляемых колес (вертикальная ось) от хода рулевой рейки (горизонтальная ось). График позволяет увидеть, что при ходе рейки в 22 мм внутренне колесо поворачивает на 34 град., а внешнее на 28 град.

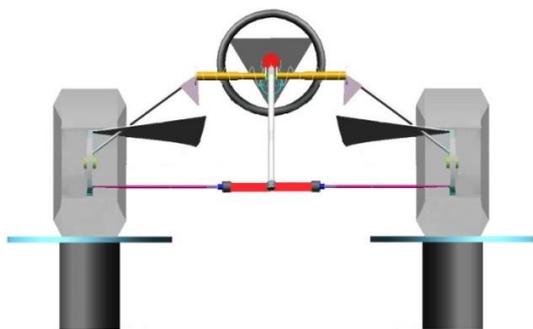


Рис. 1. Модель рулевого управления в MSC Adams

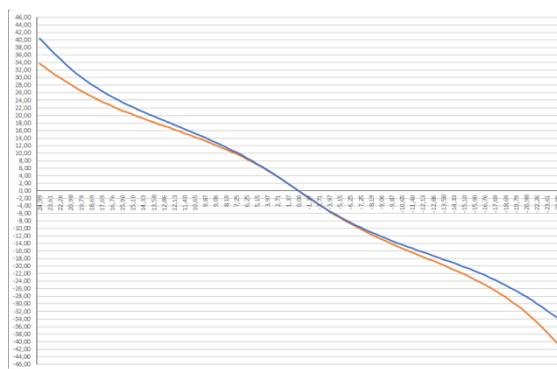


Рис. 2. Углы поворота управляемых колес в зависимости от хода рулевой рейки

УДК 621.43

ГУЦУ Н.В., ЖИЛЯЕВ А.А., АЛТУШКИН Д.В., БЕССОЛЬЦЕВ В.Э., БЕРДНИКОВ Л.А

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ АВТОМОБИЛЯ ПОСРЕДСТВОМ ЗАМЕНЫ СЕДЕЛЬНО-СЦЕПНОГО УСТРОЙСТВА

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Рассматривается седельный тягач DAF XF105, оборудованный седельно-сцепным устройством JOST JSK 37 M. Данные устройства предназначены для эксплуатации на седельных тягачах. Автоматически закрывающийся и блокирующийся механизм замка соединяет шкворень полуприцепа седельным тягачом при сцепке.

JSK 37 M – чугунная литая конструкция с ручной смазкой опорной плиты.

Проблема в том, что сцепное устройство открыто для воздействия окружающей среды и чувствительно к так называемому «вымыванию» смазка вымывается поднимаемой колесами грязью. Зимой смазка подвержена не только воздействию химических веществ, предотвращающих обледенение дорожного покрытия. Грязь и твердые частицы, попавшие в смазочное вещество, действуют, как наждачная бумага.

Для избежания разрушения седельного устройства предлагаем установить на DAF XF 105 седельно-сцепные устройства с антифрикционными накладками.

Для определения подходящего седельно-сцепного устройства определим показатель D - критерием грузоподъемности седельно-сцепных устройств и монтажных плит.

Показатель D вычисляется по формуле

$$D = g \frac{0.6 \cdot M \cdot M3}{M + M3 + MC},$$

где M = разрешенная полная масса тягача (т); $M3$ = разрешенная полная масса полуприцепа; MC = допустимая нагрузка на седло (т); $g = 9,81 \text{ м/с}^2$

$$D = 9.81 \frac{0.6 \cdot 18 \cdot 38}{18 + 38 + 12} = 91.5 \text{ кН}.$$

При дополнительных динамических нагрузках, например, эксплуатации на бездорожье и стройках, необходимо иметь запас по показателю D .

По полученному критерию грузоподъемности седельно-сцепных устройств оптимальным вариантом для DAF XF 105 будет седельное устройство JSK 37W, малообслуживаемая модель со сменными верхними пластинами (смазка требуется только для запорного крюка, так как D не превышает 152 кН, а нагрузка на седло не выше 20 т).

Вывод: седельно-цепные устройства, снабженные антифрикционными накладками, не требуют смазывания опорной плиты, что увеличивает срок службы, а значит, и безопасность сцепного устройства. Влияния условий эксплуатации минимизированы за счет отказа от пластичных смазок, предрасположенных аккумулировать инородные тела с дорог и повышающих трение прижимных пластин. Уменьшение трудоемкости техобслуживания сокращает время и цену работ, поэтому нет трудоемкого техобслуживания. Седельно-цепные устройства экономят время, денежные средства и сохраняют ресурсы.

Библиографический список

1. Кузьмин, Н.А. Теория эксплуатационных свойств автомобилей: учеб. пособие / Н.А. Кузьмин, В.И. Песков. – М.: форум: ИНФРА-М, 2013. – 256 с.
2. Кузьмин, Н.А. Теоретические основы обеспечения работоспособности автомобилей: учеб. пособие / Н.А. Кузьмин. – М.: Форум; ИНФРА-М, 2014. – 272 с.
3. Кузьмин, Н.А. Разработка научных основ обеспечения работоспособности теплонагруженных деталей автомобильных двигателей: дисс...докт. техн. наук / Н.А. Кузьмин. – Н. Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2006. – 256 с.
4. Корчажкин, М.Г. Совершенствование нормативов технической эксплуатации городских автобусов / М.Г. Корчажкин, Н.А. Кузьмин, А.Д. Кустиков // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2012. – №4 (97). – С. 168-174.

УДК 621

ДАВТЯН Д.М., БЕРДНИКОВ Л.А., ЛОЗГАЧЕВА А.А.

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СОВРЕМЕННОГО АВТОМОБИЛЯ В ГОРОДЕ И САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ КОРРЕКТИРОВКА ПЕРИОДИЧНОСТИ ОБСЛУЖИВАНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

В крупных городах эксплуатация автомобиля осложнена множеством факторов. Плотность потока, частые запуски и короткие пробеги, длительная работа на холостом ходу, жесткие условия эксплуатации, непланомерность технического обслуживания и т.д. Все перечисленные факторы образуют систему, в которой все проблемы взаимосвязаны и приводят к значительному увеличению износа автомобиля в целом.

В данной статье будет рассмотрена наиболее важная причина увеличения износа двигателя автомобиля.

Производитель часто повышает рабочую температуру двигателя для повышения класса экологических норм выхлопа автомобиля. Ранее рабочей температурой двигателя считалась температура охлаждающей жидкости 90 град. Сейчас этот показатель у многих современных агрегатах находится около 105 град. Однако значение, которое мы наблюдаем на панели приборов, показывает лишь температуру охлаждающей жидкости, а температура масла не редко отличается от нее более 50 град. От температуры двигателя зависит не только его состояние, но и состояние всего подкапотного пространства: старение изоляции и резинотехнических изделий, ускорение коррозии металла, нарушения в работе электрокомпонентов. Большие нагрузки в пробках, не щадящие режимы эксплуатации (агрессивная манера езды), влечет за собой увеличение температуры охлаждающей жидкости еще на несколько градусов и приводит к работе на температурах, близких к максимально допустимым, при этом масло в таком моторе может нагреваться до 160 град. Критическая температура влечет за собой изменение такого параметра масла, как вязкость.

Вязкость – это один из основных параметров масла, подразумевающий способность жидкости к текучести, при этом оставаясь на рабочей поверхности. Значение текучести имеет прямую зависимость от температуры. Повышенная текучесть масла приводит к ухудше-

нию смазочных свойств масел трансмиссии и в двигателе, за счет чего растет терние и происходит повышенный износ деталей двигателя.

Каждый при покупке автомобиля сталкивался с таким понятием, как периодичность технического обслуживания автомобиля. Современный двигатель имеет срок замены масла, равный пробегу около 15 тыс. км или 300 моточасам. Этот показатель рассчитан производителем для нормальных (приближенных к идеальным) условий эксплуатации, с малым количеством пробок и частыми поездками по трассе. В реальных условиях эксплуатации 300 моточасов наступают раньше положенного пробега, так как пробег не учитывает простой в пробках и работу на холостом ходу (прогрев). То есть, если проводить ТО в соответствии с регламентом, проблемы износа не уйдут, так как не учитываются режимы работы двигателя в городе.

Самым оптимальным решением проблемы износа двигателя является самостоятельное корректирование периодичности ТО. Сейчас каждый автомобиль оборудован электронной системой бортового компьютера. Обычно в нем имеются показатели пробега, суточного пробега, расход топлива и средняя скорость. Сразу оговоримся, что в некоторых бортовых компьютерах счетчик моточасов также присутствует. Иногда он есть только в ЭБУ (электронном блоке управления) двигателя, и посмотреть его возможно только при наличии диагностического оборудования. А если количество моточасов не отображается в БК (бортовом компьютере) транспортного средства и нет в наличии прибора для подключения к автомобилю, то любой автовладелец может рассчитать моточасы до оптимального ТО приближенным методом.

Для этого, после очередной замены масла, нужно зайти в бортовой компьютер и «обнулить» его показания, то есть сбросить записанные ранее показатели. Таким образом, счетчик пробега и средней скорости начнет отсчет с начала.

Для расчета оптимального количества моточасов понадобятся два показателя: пробег и средняя скорость.

$$M=L :V_{cp},$$

где L – пробег автомобиля (км); V_{cp} – средняя скорость (км/ч) (обязательно нужно убедиться, что этот параметр учитывает все время запуска двигателя, а не только скорость движения); M – количество моточасов.

Пример расчета: пробег транспортного средства составляет 5000 км, а средняя скорость равна 20 км/ч. Получаем, что количество моточасов равно 250, то есть, если режим работы двигателя не поменяется и средняя скорость останется постоянной величиной, – период замены масла (300 моточасов) наступит на 6000 км пробега. А это более, чем в два раза меньше регламентного пробега (15 000 км).

Таким образом, была разобрана основная причина повышенного износа двигателя и предложен оптимальный вариант решения проблемы. Также можно сделать вывод, что необходимым условием стабильной работы является более частая замена масла, вследствие чего оно всегда будет иметь заданные свойства. Поэтому при высокой нагрузке двигатель всегда будет работать стабильно и «в полную силу».

-
1. Кузьмин, Н.А. Теория эксплуатационных свойств автомобилей: учеб.пособие / Н.А. Кузьмин, В.И. Песков. – М.: Форум: ИНФРА-М, 2013. – 256 с.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ МАКРОМОДЕЛИРОВАНИЯ МАЛЫХ ГОРОДОВ С МОНОСТРУКТУРНОЙ ЭКОНОМИКОЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Макромоделирование в настоящий момент является одним из важнейших средств описания транспортных систем городов. В работе рассматриваются особенности построения макромоделей малых городов с моноструктурной экономикой. Под малым городом с моноструктурной экономикой будем понимать город с населением менее 50000 жителей, с единственным градообразующим предприятием или группой предприятий одного сектора экономики. Подразумевается, что большой процент трудоспособного населения работает на данном предприятии и данное учреждение располагается в некотором отдалении от жилых районов, т.е. или за городом, или в черте города, но на окраине. Наиболее характерным для данного исследования будет вариант расположения предприятия на значительном (более 20 км) удалении от жилой зоны города.

При моделировании транспортных систем таких городов возникают существенные расхождения с имеющейся теорией. Рассмотрение причин их возникновения и пути коррекции методики моделирования данных объектов и являются целью данного исследования.

Исследование опирается на модели, разработанные авторами в 2019 г. для четырех городов в Российской Федерации: Полярные Зори и Ковдор в Мурманской области и Бородино и Зеленогорск - Красноярский край. Наиболее характерной для описываемого подхода является модель города Полярные Зори, поэтому на его примере будут сформулированы основные теоретические положения. Основные особенности города:

- численность населения 16, 5 тыс. чел., т.е. относится к малым городам;
- моноструктурная экономика города: градообразующим предприятием, обеспечивающим подавляющее большинство рабочих мест (более 2000), является Кольская атомная электростанция (далее КАЭС);
- КАЭС значительно удалена от жилых районов (формально она – один из районов города) на 13 км от центра города;
- город имеет компактные размеры: длина маршрута между его наиболее отдаленными частями составляет 2 – 2,5 км.
- продуктовые магазины начинают работать с 9:00.

Рассмотрим особенности построения модели утреннего «час пик». В соответствии с замерами транспортных потоков, наибольшая интенсивность движения приходится на временной период с 6:30 до 8:00 ч. утра. Это связано с тем, что смена на КАЭС начинается в 8:00. Ввиду того, что магазины начинают работать с 9:00, подавляющую часть поездок составляют поездки «дом - работа» и значительно меньше «работа – дом» (рабочие, возвращающиеся с ночной смены). Определить величину транспортного потока из города к КАЭС и обратного несложно, так как из города выходит в данном направлении единственная дорога (рис. 1).

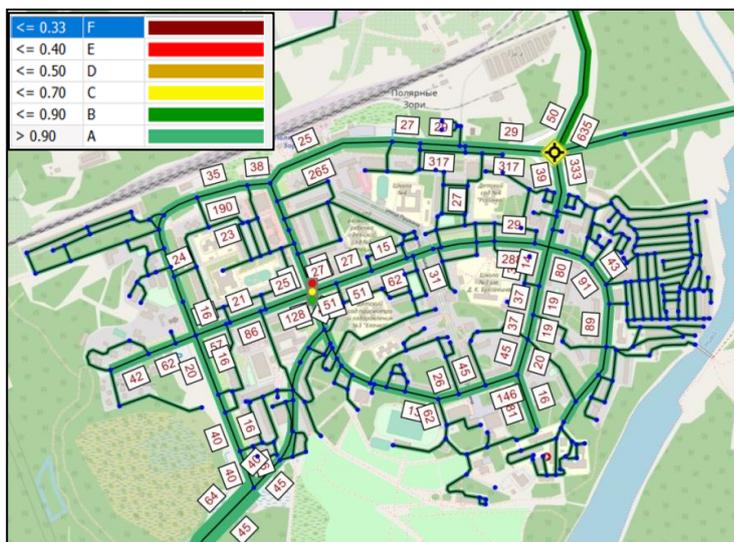


Рис. 1. Модель транспортных потоков г. Полярные Зори, утренний «час пик» (6:30 до 8:00 ч утра)

$$GEH = \sqrt{\frac{2 \cdot (V - C)^2}{V + C}},$$

где V – смоделированные значения; C – замеренные значения, не превысило трех единиц для рассматриваемых сечений, при допустимом значении пять (безразмерных единиц).

УДК 621.43

ЖИЛЯЕВ А.А., АЛТУШКИН Д.В., СИЛАНТЬЕВ С.Э., БЕССОЛЬЦЕВ В.Э., БЕРДНИКОВ Л.А.

АНАЛИЗ ОКТАНОВОГО ЧИСЛА ТОВАРНЫХ БЕНЗИНОВ ЭКСПРЕСС МЕТОДОМ

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

В последнее время к автомобилям предъявляются все более жесткие требования по повышению уровня экологичности, надежности и снижения затрат на обслуживание и эксплуатацию. Эти показатели напрямую зависят от качества применяемых нефтепродуктов, в основу которых входят топливо и смазочные материалы.

Автомобильные бензины по масштабам производства и применения занимают доминирующее положение среди первичных источников энергии. Около 60 % автомобилей России оснащены бензиновыми двигателями.

Надежная, эффективная и экономичная работа бензинового автомобильного двигателя будет обеспечена только в том случае, если бензин удовлетворяет требованиям, установленными ГОСТ 32513-2013 «Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия». Одной из важных эксплуатационных характеристик автомобильного бензина является детонационная стойкость, выражающаяся октановым числом. Октановое число характеризует стойкость бензина к воспламенению под воздействием сжатия: чем это число выше, тем больше давления можно оказать на топливо, не вызывая детонации. Его несоответствие классу бензина может привести к уменьшению КПД двигателя, увеличению расхода топлива и преждевременному износу поршневой группы двигателя.

Октановое число (ОЧ) бензинов определяется на специальных одноцилиндровых установках с переменной степенью сжатия экспериментального двигателя по моторному (MON) или исследовательскому (RON) методам. Сущность определения сводится к срав-

Ключевая особенность построения модели – вычисление среднего количества респондентов на одну легковую автомашину, на основании которого строится матрица поездок «дом – прочее». В данном случае это поездки за сослуживцами (напомним, что магазины еще не работают). Использование метода позволило получить хорошее соответствие моделей реальным данным. Так, по городу Полярные Зори величина GEH -статистики вычисляется по формуле

нительному сжиганию испытуемого бензина, ОЧ которого необходимо определить, и эталонного топлива, ОЧ которого во время эксперимента известно. Это классический лабораторный метод, применяемый в нефтепереработке, позволяет получить данные результатов не раньше чем через час. Поэтому в последнее время актуальны альтернативные методы исследований, в частности популярны приборы экспресс-методов определения октановых и цетановых чисел топлив в полевых и лабораторных условиях. С помощью этих устройств значительно снижаются сроки исследования и результат можно получить в течение нескольких минут. С помощью октанометра SHATOX SX-100K мы решили проверить показатели ОЧ товарных марок бензина АИ-92, АИ-95 и АИ-100. Образцы были взяты с двух АЗС, принадлежащим разным известным сетям автозаправок г. Нижнего Новгорода. Образцы собирались в пластиковую тару напрямую с заправочной колонки. Экспериментальные исследования проводились в лаборатории НГТУ им. Р.Е. Алексеева, кафедра «Автомобильный транспорт». По итогам экспертизы характеристики образцов сравнили с ГОСТ 32513-2013 «Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия». Результаты проверенной работы представлены в виде диаграмм, где сравниваются измеряемые показатели.

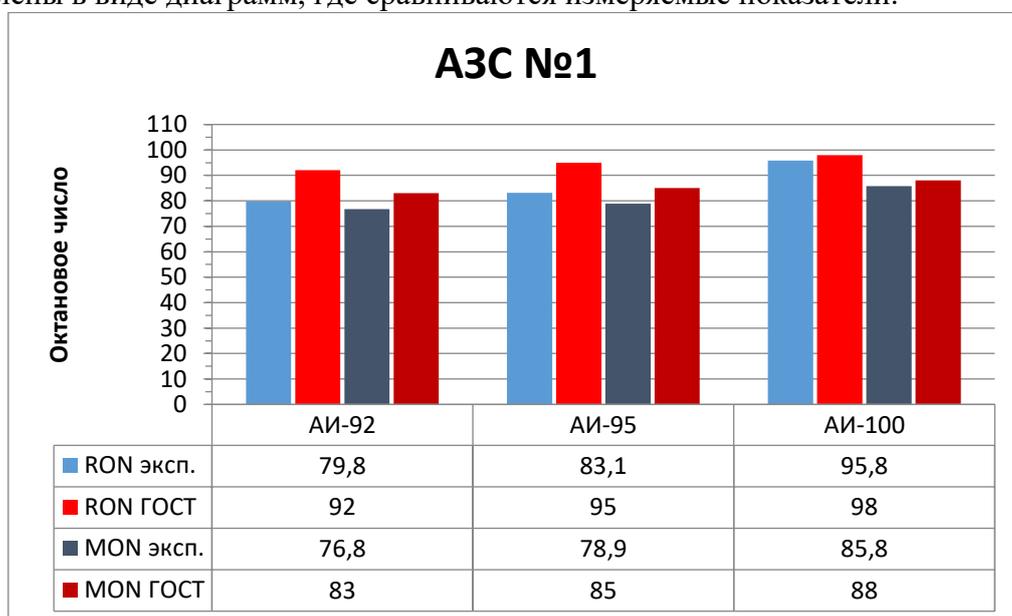


Рис.1. Полученные результаты образцов с АЗС №1

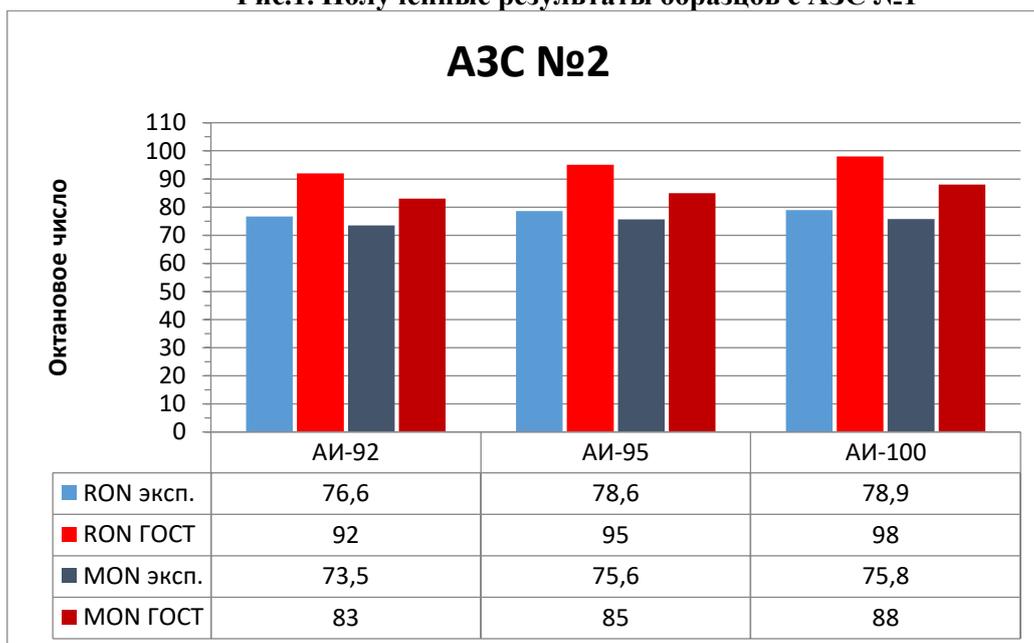


Рис.2. Полученные результаты образцов с АЗС №2

Вывод: по итогам проведенного исследования разных марок бензина ни один образец не соответствует техническим требованиям, изложенным в ГОСТ 32513-2013. Однако полученные данные вызывают сомнения и их нельзя считать действительными (результаты требуют проверки). Данное исследование также показывает, что определять ОЧ бензинов целесообразнее по ГОСТ 32339, ГОСТ 8226 для исследовательского метода и ГОСТ 32340, ГОСТ 511 для моторного метода определения детонационных характеристик топлив. В этих стандартах устанавливается метод определения ОЧ на одноцилиндровой четырехтактной установке и перечислены требования к испытаниям. Несмотря на продолжительность таких испытаний, они являются классическими и дают достоверные данные.

Библиографический список

1. Кузьмин, Н.А. Теоретические основы обеспечения работоспособности автомобилей: учеб. пособие / Н.А. Кузьмин. – М. : Форум; ИНФРА-М, 2014. – 272 с.
2. ГОСТ 32513-2013 Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия. – М. : Изд-во стандартов, 2013.
3. Кузьмин, Н.А. Теория эксплуатационных свойств автомобилей: учеб. пособие/ Н.А. Кузьмин, В.И. Песков. – М.: Форум; ИНФРА-М, 2013. – 256 с.
4. ГОСТ 32339-2013 (ISO 5164:2005) Нефтепродукты. Определение детонационных характеристик моторных топлив. Исследовательский метод. – М. : Изд-во стандартов, 2013.
5. ГОСТ 8226-2015 Топливо для двигателей. Исследовательский метод определения октанового числа. – М. : Изд-во стандартов, 2015.
6. ГОСТ 32340-2013 (ISO 5163:2005) Нефтепродукты. Определение детонационных характеристик моторных и авиационных топлив. Моторный метод. – М. : Изд-во стандартов, 2013.
7. ГОСТ 511-2015 Топливо для двигателей. Моторный метод определения октанового числа. – М. : Изд-во стандартов, 2015.

УДК 621.43

ИЛЬЯНОВ С.В., КУЗЬМИН Н.А.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКОРОСТНЫХ РЕЖИМОВ ДВИЖЕНИЯ И РАСХОДОВ ТОПЛИВА ГОРОДСКИХ АВТОБУСОВ ПО МАРШРУТАМ ГОРОДА НИЖНЕГО НОВГОРОДА

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

На кафедре «Автомобильный транспорт» НГТУ им. Р.Е. Алексеева в период с 2017 – 2019 гг. проведены исследования [1, 2] скоростных режимов движения городских автобусов класса М₃ (ЛиАЗ-5256) по маршрутам А-40 и А-90 города Нижнего Новгорода. Выполнена экспериментальная обработка распределения скоростей движения и ускорений для выявления закономерностей их изменения, получены математические выражения для определения наиболее вероятного расхода топлива автобусов с гидромеханическими передачами.

Статистические данные по скоростям движения и ускорениям были извлечены из баз данных прикладного программно-технического комплекса «АвтоГРАФ.Pro 7», использующего средства спутниковой навигации GPS («ГЛОНАСС»), которыми оснащены городские автобусы города. Для анализа исследования закономерности изменения скоростей и ускорений при движении общая выборка данных была разделена поквартально с объемом около 1 млн значений по каждому периоду [3].

Во всех исследуемых кварталах для скоростей движения подтвержден закон распределения случайных величин Вейбулла, а для ускорений – нормальный, и определены необходимые параметры распределения. В качестве примера на рис. 1, а приведена гистограмма распределения скоростей движения автобусов за первый квартал 2019 г., а на рис. 1, б – гистограмма распределения ускорений за тот же период.

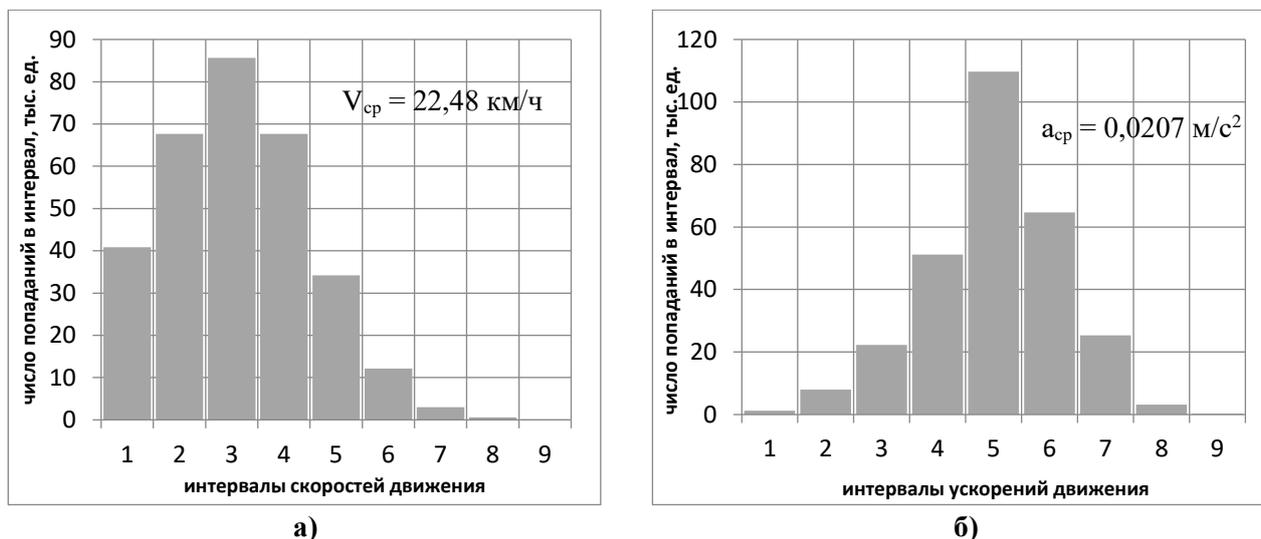


Рис. 1. Гистограммы распределения скоростей движения (а) и ускорений движения (б) автобусов на маршруте А-40

Среднее годовое математическое ожидание скоростей движения без учета простоя на остановочных пунктах составляет 23,2 км/ч. При исключении из выборки пиковых скоростей движения (более 60 км/ч), наличие которых связано с движением автобуса без пассажиров (из парка к началу маршрута, обратно в парк), значение среднего годового математического ожидания скорости движения составляет 21,9 км/ч. Среднее годовое математическое ожидание ускорений составляет 0,0212 м/с² [4].

Расход топлива, зафиксированный комплексом «АвтоГРАФ.Про 7», соответствующий движению со скоростями, близкими к среднегодовым значениям, составляет от 35,94 до 37,38 л/100 км.

Согласно усовершенствования вероятностно-аналитической методики прогнозирования расхода топлива, разработанной на кафедре «Автомобильный транспорт» НГТУ им. Р.Е. Алексеева в 2016 г. [5], наиболее вероятное значение расхода топлива автобусами в городских условиях движения составляет 30,85 л/100 км (без учета остановочных пунктов). Учитывая расход топлива двигателя при простое автобуса на остановках значения итогового расхода топлива приближаются к фактическим значениям, зафиксированным при исследованиях.

Дальнейшее усовершенствование данной методики возможно для других видов автомобилей, их конструктивных особенностей и условий эксплуатации.

Библиографический список

1. **Ильянов, С.В.** Перспективы развития нормирования расхода топлива на автомобильном транспорте / С.В. Ильянов, Н.А. Кузьмин, Г.В. Борисов // Будущее технической науки: сб. материалов XVI Междунар. молодежной научно-технич. конф. – Н. Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2017. – С. 277-278.
2. **Ильянов, С.В.** Прогнозирование средних скоростей движения автобусов для целей нормирования расхода топлива / С.В. Ильянов // Будущее технической науки: сб. науч. ст. XVIII Всерос. молодежной научно-технич. конф. – Н. Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2019. – С. 515-516.
3. **Пуянов, S.V.** Enhancement of fuel consumption regulation for city buses in the Russian Federation. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 632, 2019. P. 012054.
4. **Ильянов, С.В.** Применение вероятностно-аналитической методики расчета расхода топлив для городских автобусов класса М3 // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2020. – № 4. – С. 125–132.
5. Теоретическое прогнозирование расходов топлива грузовыми автомобилями: монография / Г.В. Борисов [и др.]. – Saarbrücken: LAPLAMBERTAcademicPublishing, 2018. – 176 p.

АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ СРЕДНЕТОННАЖНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ С ГАЗОБАЛЛОННЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Надежность – свойство объекта сохранять во времени значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях эксплуатации. Требуемая функция означает решение того круга задач, для которых техническое изделие предназначено. Нельзя требовать от технического изделия надежности, если использовать его не по назначению или в условиях, не предусмотренных заводом-изготовителем.

Показателями, характеризующими способность выполнять требуемые функции, обычно являются кинематические и динамические параметры, показатели усталостной прочности, производительности, скорости, точности функционирования и т.д. Показатели оцениваются параметрами, выход за пределы которых недопустим или нежелателен.

Надежность как свойство технических изделий нельзя рассматривать единомоментно. Это свойство, определенное во времени. Только с течением времени изменяются показатели, характеризующие надежность.

Надежность – комплексное свойство, оцениваемое по четырем показателям:

1. *Безотказность* – свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или наработки.
2. *Долговечность* – свойство объекта сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания (ТО) и ремонта.
3. *Ремонтпригодность* – свойство объекта, характеризующееся приспособленностью к восстановлению и поддержанию работоспособного состояния путем проведения ТО и ремонта.
4. *Сохраняемость* – свойство объекта сохранять работоспособное (исправное) состояние в течение и после хранения и транспортирования.[1].

В настоящее время актуально использование автомобилей с газобаллонным оборудованием в связи с экологичностью и дешевизной данного вида топлива.

Объектом рассмотрения является газобаллонное оборудование, установленное на среднетоннажном автомобиле. Рассмотрим статистику распределения отказов по узлам автомобиля (рис.1).

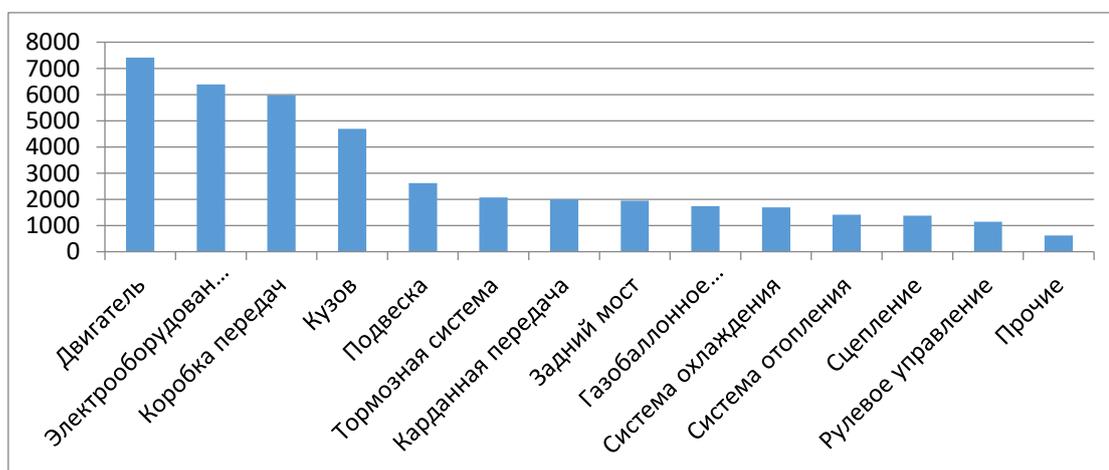


Рис.1. Распределение дефектов по узлам

Из рис.1 видно, что газобаллонное оборудование обладает высоким уровнем надежности, на него приходится 4,2% отказов общего числа. Несмотря на это, завод изготовитель стремится улучшить качество своей продукции, снизив количество дефектов по всем системам, узлам и агрегатам.

Для повышения надежности системы следует знать неисправности данной системы (табл.1), чтобы оценить ее надежность. Надежность системы оценивается уровнем вероятности безотказной работы.

Таблица 1

Наименование дефекта	Количество	% от общего количества
Неисправность редуктора	283	16,24
Неисправность баллона	35	2
Неисправность газовых магистралей	104	5,97
Неисправность рампы газовых форсунок	1287	73,84
Неисправность датчиков	34	1,95

Рассмотрим модель надежности газобаллонного оборудования (рис.2).

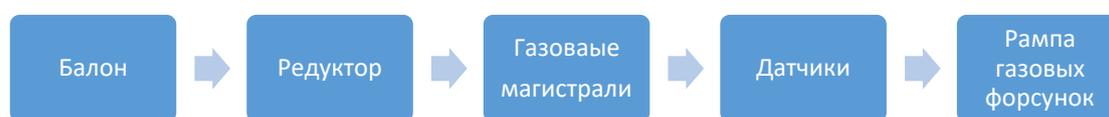


Рис.2. Модель надежности газобаллонного оборудования

Из схемы (рис.2) видно, что при выходе из строя одного из элементов системы, вся система переходит в неработоспособное состояние.

Произведем расчет надежности системы:

$$P = P_B \cdot P_R \cdot P_{ГМ} \cdot P_D \cdot P_{РГФ},$$

где вероятность безотказной работы: P_B - баллона; P_R -редуктора; $P_{ГМ}$ - газовых магистралей; P_D - датчиков; $P_{РГФ}$ - рампы газовых форсунок.

Вероятность безотказной работы – это вероятность того, что в пределах заданной наработки или заданном интервале времени объект не откажет при определенных условиях эксплуатации.

Для конкретных КЭ автомобиля (агрегатов, систем, механизмов и т. д.), обеспечивающих безопасность движения, в нормативных документах вероятность безотказной работы принимается ($P=0,9-0,98$); для прочих КЭ автомобиля ($P=0,85-0,9$)[3]

$$P_B = 0,98, P_R = 0,9, P_{ГМ} = 0,95, P_D = 0,98, P_{РГФ} = 0,85.$$

$$P = 0,98 \cdot 0,9 \cdot 0,95 \cdot 0,98 \cdot 0,85 = 0,71$$

Расчет позволяет сделать следующие выводы:

1. Вероятность безотказной работы газобаллонного оборудования равна 0,71, что достаточно для данной системы автомобиля;
2. Для повышения уровня надежности имеет смысл использовать более качественное топливо и применение качественных резинотехнических изделий.

Библиографический список

1. **Корчажкин, М. Г.** Основы теории надежности/М. Г. Корчажкин, В. Н. Кравченко, Н. А. Кузьмин. – Нижний Новгород, 2016
2. **Кузьмин, Н.А.** Теоретические основы обеспечения работоспособности автомобилей: учеб. пособие / Н.А. Кузьмин. – М.: Форум; ИНФРА-М, 2014. – 272 с.
3. **Кузьмин, Н.А.** Разработка научных основ обеспечения работоспособности теплонагруженных деталей автомобильных двигателей: дисс...доктора техн. наук / Н.А. Кузьмин. – Н. Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2006. – 256 с.
4. **Кузьмин, Н.А.** Теория эксплуатационных свойств автомобилей: учеб. пособие / Н.А. Кузьмин, В.И. Песков. – М.: форум; ИНФРА-М, 2013. – 256 с.

5. **Кузьмин, Н.А.** Проблемы надежности трансмиссий городских автобусов / Н.А. Кузьмин, А.Д. Кустиков // Автотранспортное предприятие. – 2013. – №8. – С. 39-42.
6. **Корчажкин, М.Г.** Совершенствование нормативов технической эксплуатации городских автобусов / М.Г. Корчажкин, Н.А. Кузьмин, А.Д. Кустиков // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2012. – №4 (97). – С. 168-174.
7. **Кузьмин, Н.А.** Научные основы процессов изменения технического состояния автомобилей: монография / Г.В. Борисов, Н.А. Кузьмин. – Н.Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2012 – 270 с.
8. **Кузьмин, Н.А.** Техническая эксплуатация автомобилей: нормирование и управление: учеб.пособие / Н.А. Кузьмин – М.: Высш. образование, 2011. – 224 с.
9. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта / Минавтотранс РСФСР. – М.: Транспорт, 1988. – 78 с.

УДК 621.43

КОРЯКОВЦЕВА А.А., КОНОВАЛОВА Е.С., ЯРЕМЕНКО А.И., КУЗЬМИНА Е.А.,
ТАРАРИНА Е.Н., БЕРДНИКОВ Л.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТА СОЧЕТАНИЯ ПРИСАДОК МОТОРНОГО МАСЛА И ТОПЛИВА

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Топливо и моторное масло непосредственно связаны между собой. Качество и состав топлива могут повлиять на качество и состав масла при смешивании их в картере двигателя. От характеристик масла зависит процесс работы двигателя внутреннего сгорания и работоспособность его элементов, поэтому необходимо определить наиболее пригодные сочетания различных масел с наиболее распространенными в России видами топлива.

При сгорании топлива часть расширяющихся газов неминуемо проникает в подпоршневое пространство. Эти газы содержат множество веществ, в том числе и пары различных кислот. Чем больше серы в используемом топливе, тем больше серной и сернистой кислоты проникает в масло. Эта кислота ускоряет окисление моторного масла, сокращая его ресурс. Она является катализатором для окисления масла, способного вызвать коррозию деталей. Чтобы этого не происходило, в масло и топливо добавляют присадки.

Прежде чем определить точный состав масел и бензинов, нужно понять, какие присадки добавляют в эти жидкости и с какой целью.

Моторное масло должно иметь следующие свойства:

- вязкостно-температурные свойства;
- антиокислительные и антикоррозионные свойства;
- моюще-диспергирующие свойства;
- противозадирные и противоизносные свойства;
- антифрикционные свойства;
- противопенные свойства.

Чтобы масло имело необходимые показания по каждому свойству, в него добавляют присадки.

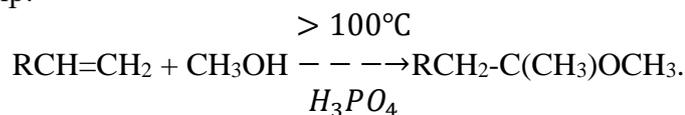
Результаты взаимодействия

Чистящая присадка – МТБЭ - $\text{CH}_3\text{OC}(\text{CH}_3)_3$

Простые эфиры могут расщепляться лишь некоторыми веществами при нагревании (концентрированной йодистоводородной кислотой или воздействием металлического натрия). Водные растворы кислот и щелочей не действуют на простые эфиры, поэтому эта присадка не реагирует с присадками моторного масла.

Осушители – спирт – C₂H₅OH

Если в картер двигателя попадает топливо с водой, а в моторное масло добавлены органические и неорганические фосфаты, то будет проходить реакция со стирол-диеновым сополимером, образуя простой эфир:



Подобным образом спирт будет взаимодействовать с сополимером этилена и пропилена. Без воды этих реакций не было бы.

Полиметакрилаты, нафталин, сополимеры винилоцетата, сульфированные олефины сохраняют свои свойства при попадании спирта в картер двигателя.

Если в масле присутствует антикоррозионная присадка из аминов, то в случае попадания спирта в масло произойдет химическая реакция, в ходе которой появится вода, разжижающая масло. Такой же результат будет, если в масле есть диспергирующая присадка – основание Манниха. Спирты реагируют с серной кислотой, но не с ее солями, поэтому моющие свойства присадок с содержанием сульфатов останутся такими же.

Октан-корректоры – нафталин (C₁₀H₈)

Нафталин не реагирует с присадками моторного масла, так как в самом масле присутствует нафталин.

Октан-корректор – ацетон - CH₃-O-CH₃ или метилбутановый эфир - CH₃-O-C(CH₃)₃, марганец - Mn

Не реагируют с присадками моторного масла.

Октан-корректор – бензол – C₆H₆, монометилаланин - CH₃NH₂.

Бензол, реагируя с алкенами, образует этилбензол и кумол, которые не ухудшают вязкостно-температурные свойства масла. Монометилаланин присоединяется к сополимерам и не влияет на свойства масла.

Вывод: заводские присадки моторного масла и бензина практически не реагируют между собой. Если же добавлять дополнительные присадки, то в большинстве случаев это наносит вред двигателю.

-
1. Кузьмин, Н.А. Теория эксплуатационных свойств автомобилей: учеб. пособие / Н.А. Кузьмин, В.И. Песков. – М.: Форум: ИНФРА-М, 2013. – 256 с.

УДК 629.113

КУЗМИЧЕВ В.А., КУЛАГИН А.Л., ГОНЧАРОВ К.О.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЭТАПЫ ПОДГОТОВКИ ЭЛЕМЕНТА КРЕПЛЕНИЯ ВЕДОМОЙ ЗВЕЗДЫ НА КОРПУСЕ МЕЖОСЕВОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛА В ТРАНСМИССИИ СПОРТИВНОГО АВТОМОБИЛЯ КЛАССА FORMULASTUDENT

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Компоновка трансмиссия спортивного автомобиля класса FormulaStudent включает: КПП вместе со сцеплением (интегрированные в мотоциклетный двигатель), ведущую и ведомую звезды, цепную передачу и межосевой дифференциал с приводами. Одним из элементов, требующих разработки, - крепления ведомой звезды на корпусе межосевого дифференциала (рис. 1).

Разработка крепления начинается с создания цифровой трехмерной модели в среде трехмерного твердотельного и поверхностного параметрического моделирования (Autodesk Inventor). При этом на отдельных этапах моделирования возможно применение технологии

трехмерного сканирования и реверсинжинеринга для получения модели требуемой детали. На основе полученных моделей компонентов разрабатывается нужный элемент.



Рис. 1. Крепления ведомой звезды на корпусе межосевого дифференциала

Однако крепление ведомой звезды на корпусе межосевого дифференциала является высоконагруженной деталью из-за функции передачи крутящего момента. Исходя из данных параметров нагружения необходимо произвести прочностной расчет с моделированием эксплуатационных нагрузок. Моделирование эксплуатационных нагрузок реализовано в программном пакете конечного-элементного моделирования Femap.

В качестве материала при моделировании рассматривались Сталь 3 (Модуль Юнга $E: 200.0-220.0 \times 10^9$ Па, коэффициент Пуассона $0,24-0,28$, плотность $7,9$ г/см³) и Алюминий Д16Т (Модуль Юнга $E: 72 \times 10^9$ Па, коэффициент Пуассона $0,32$, плотность $2,78$ г/см³).

Принимая во внимания результаты моделирования нагружения двух материалов, применение алюминия в качестве основного материала детали не снижает эксплуатационных свойств, в том числе и прочности данной детали.

Следующий этап подготовки элемента - это создание детали с использованием средств механической обработки. В текущем случае применен фрезерный станок с числовым программным обеспечением.



Рис. 2. Работа ЧПУ станка

Крепление ведомой звезды на корпусе дифференциала реализовано из заготовки листового алюминия Д16Т толщиной 5 мм.

Для подготовки управляющей программы для обработки детали из листового материала необходим 2D эскиз, по которому формируется описание траектории движения режущего инструмента, дополнительно в управляющей программе учитываются параметры режущего инструмента. Рабочий процесс обработки детали на ЧПУ станке показан на рис. 2.

УДК 629.113

КУЗМИЧЕВ В.А., КУЛАГИН А.Л., ГОНЧАРОВ К.О.

РАСЧЕТ КООРДИНАТЫ ЦЕНТРА МАСС СПОРТИВНОГО АВТОМОБИЛЯ КЛАССА FORMULASTUDENT

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

При проектировании спортивного автомобиля класса Formula Student основополагающим является расчет координаты центра масс, который необходим для последующего формирования расчетов систем транспортного средства: каркас безопасности, энергопоглощающее устройство, подвеска, рулевое управление.

Расчет параметров координаты центра масс строится на детальной проработке компоновки автомобиля в виде подробной трехмерной модели. Ряд трехмерных моделей получается на основе трехмерного сканирования отдельных элементов конструкции. По трехмерной модели формируется расчетная схема, на которой выделяются основные системы автомобиля с отдельным формированием данных по массе и расположению координат центра масс (рис. 1).

При получении данных о координате центра масс, проводится оценка распределения массы по осям автомобиля, что используется при расчете устойчивости транспортного средства. Данные по распределению массы по осям автомобиля требуются при моделировании нагружения элементов пассивной безопасности (каркас безопасности и энергопоглощающее устройство), расчете сил, действующих в элементах подвески и рулевом управлении, при расчете упругого элемента (пружины), оценке прочности элементов шасси. Также расчет координаты центра масс влияет на проектирование и подбор элементов тормозной системы для соблюдения регламента Formula SAE и блокировки всех четырех колес при проведении испытаний. Данные особенности в тормозной системе выражаются в расчете диаметра поршня главного тормозного цилиндра, параметров геометрии педали тормозной системы, подборе суппортов, диаметра и количества поршней в суппорте.

Точный расчет координаты центра масс позволяет минимизировать трудоемкость в разработке систем транспортного средства в части получения данных, актуальных для расчета отдельных конструктивных элементов, позволяет минимизировать экономические затраты на создание конструктивных элементов нецелесообразных для эксплуатации в разрабатываемом транспортном средстве.

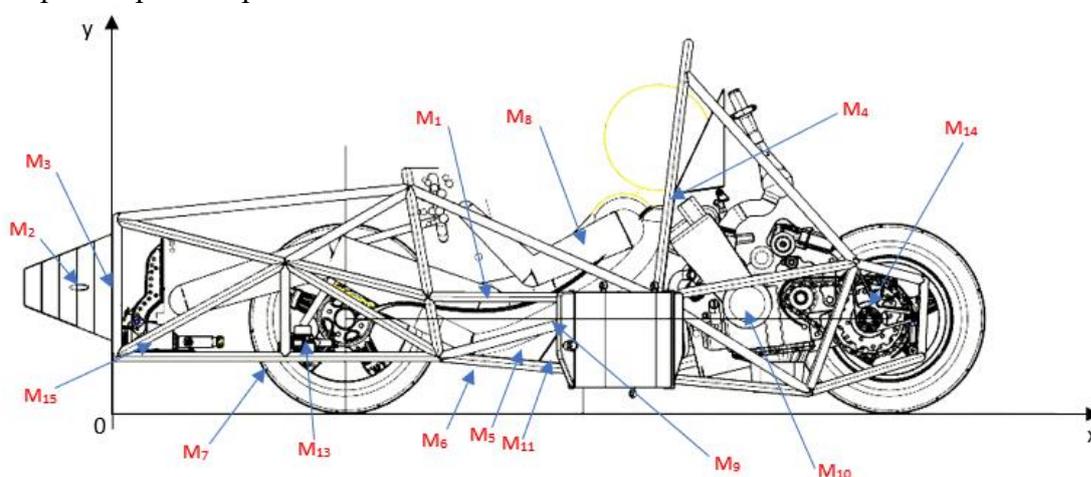


Рис.1. Расчетная схема для определения координат центра масс

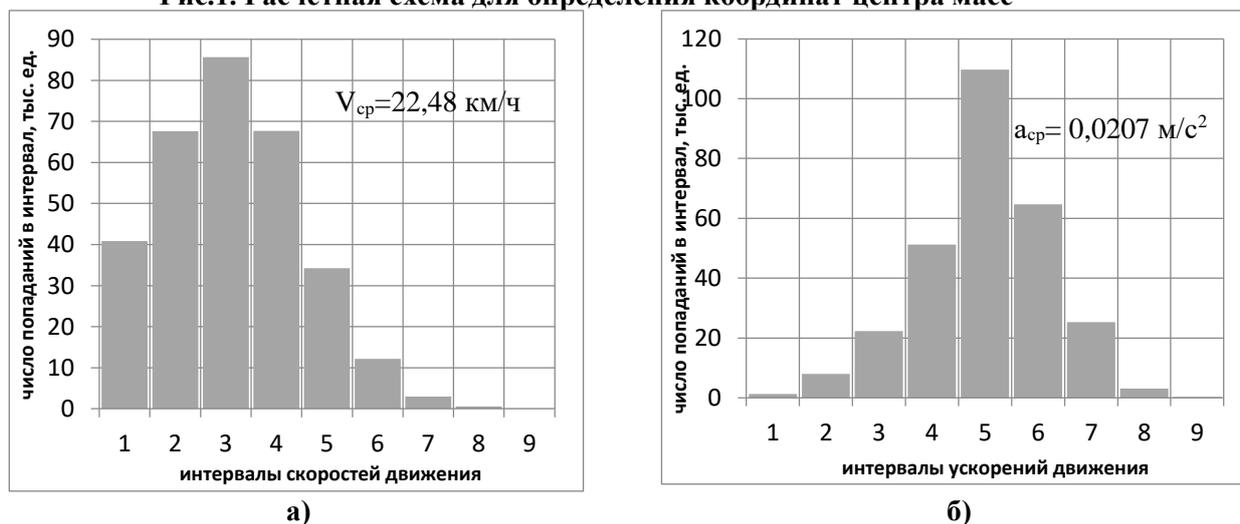


Рис. 1. Гистограммы распределения скоростей движения (а) и ускорений движения (б) автобусов на маршруте А-40

Среднее годовое математическое ожидание скоростей движения без учета простоя на остановочных пунктах составляет 23,2 км/ч. При исключении из выборки пиковых скоростей движения (более 60 км/ч), наличие которых связано с движением автобуса без пассажиров (из парка к началу маршрута, обратно в парк), значение среднего годового математического ожидания скорости движения составляет 21,9 км/ч, среднее годовое математическое ожидание ускорений $0,0212 \text{ м/с}^2$ [4].

Расход топлива, зафиксированный комплексом «АвтоГРАФ.Про 7», соответствующий движению со скоростями, близкими к среднегодовым значениям, составляет от 35,94 до 37,38 л/100 км.

Согласно усовершенствованию вероятностно-аналитической методики прогнозирования расхода топлива, разработанной на кафедре «Автомобильный транспорт» НГТУ им. Р.Е. Алексеева в 2016 г. [5], наиболее вероятное значение расхода топлива автобусами в городских условиях движения составляет 30,85 л/100 км (без учета остановочных пунктов).

Учитывая расход топлива двигателя при простое автобуса на остановках, значения итоговой цифры приближается к фактическим значениям, зафиксированным при исследованиях.

Дальнейшее усовершенствование данной методики возможно для других видов автомобилей, их конструкционных особенностей и условий эксплуатации.

Библиографический список

1. **Ильянов, С.В.** Перспективы развития нормирования расхода топлива на автомобильном транспорте / С.В. Ильянов, Н.А. Кузьмин, Г.В. Борисов // Будущее технической науки: сб. матер. XVI Междунар. Молодежной научно-технич. конф. – Н. Новгород: НГТУ им. Р.Е.Алексеева, 2017. – С. 277-278.
2. **Ильянов, С.В.** Прогнозирование средних скоростей движения автобусов для целей нормирования расхода топлива // Будущее технической науки: сб. науч. ст. XVIII Всерос. молодежной научно-технич. конф. – Н. Новгород: НГТУ им. Р.Е.Алексеева, 2019. – С. 515-516.
3. **Пуянов, S.V.** Enhancement of fuel consumption regulation for city buses in the Russian Federation / S.V. Пуянов, G.V. Borisov. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 632, 2019. – P. 012054.
4. **Ильянов, С.В.** Применение вероятностно-аналитической методики расчета расхода топлив для городских автобусов класса М₃ // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2020. – № 4. – С. 125–132.
5. Теоретическое прогнозирование расходов топлива грузовыми автомобилями: монография / Г.В. Борисов [и др.]. – Saarbrücken: LAPLAMBERT Academic Publishing, 2018. – 176 с.

УДК 629.113

КУЗЬМИНА Е.А., ВИЛЯНОВ Ф.А., ТАРАРИНА Е.Н., КОНОВАЛОВА Е.С.,
КОРЯКОВЦЕНА А.А., ЯРЕМЕНКО А.И., БЕРДНИКОВ Л.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАСЧЕТ ПУТЕВОГО РАСХОДА ТОПЛИВА АВТОМОБИЛЯ ВАЗ-2170

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

На сегодняшний день автомобильный транспорт один из самых крупнейших мировых потребителей запасов жидкого топлива. Большое внимание как в России, так и за рубежом уделяется вопросу снижения расхода топлива на автомобильные перевозки. В связи с этим топливная экономичность является одним из важнейших эксплуатационных качеств автомобиля. И именно поэтому в современном мире научный интерес к нормированию расхода топлива на автомобильном транспорте очень велик. Об этом свидетельствуют множество публикаций различных авторов в научных журналах.

Одной из таких статей является работа [1]. Проанализировав эту публикацию, можно сделать вывод о том, что при построении графика топливно-экономических характеристик автомобилей с бензиновыми или дизельными двигателями и использованием для определения удельного расхода топлива g_e коэффициент $K_{и}$ с использованием полинома третьей степени получают результаты, значительно отличающиеся от реальных. Но для расчетного определения (в качестве корректирующего удельный расход топлива двигателем) можно также использовать уточненный полином пятой степени, существенно повышающий точность расчетов и приближающий результаты к итогам натурных испытаний, что и было установлено В.И. Песковым, В.А. Гуриным и другими сотрудниками Автомобильного института НГТУ им. Р.Е. Алексеева и специалистами по различным типам двигателей при по-

лучении на базе усреднения результатов замеров удельных расходов топлива различными типами двигателей при разных значениях степени используемой мощности. Были проведены экспериментальные исследования по изучению нагрузочных характеристик современных бензиновых и дизельных двигателей, с последующим сравнением с теоретическими расчетами для определения величин расхода топлива с учетом $K_{и}$ полиномов пятой степени. Сравнительные характеристики показали, что расчеты, учитывающие коэффициент $K_{и}$ полиномов пятой степени, значительно приближены к результатам экспериментальных испытаний, чем расчеты с коэффициентом $K_{и}$ полиномов третьей степени. Это позволяет рекомендовать применение в теоретических расчетах определения величин расхода топлива $K_{и}$ полиномов пятой степени.

Таким образом, целью данной работы является экспериментальное определение путевого расхода топлива и сравнение его с расчетным, полученным с учетом коэффициента $K_{и}$ полиномом пятой степени для бензинового легкового автомобиля ВАЗ 2170, так как в статье [1] эксперименты проводились на дизельном грузовом автомобиле, и все расчеты и графики были представлены для него.

Объект испытания: седан Lada Priora ВАЗ-2170 2012 г. со всесезонными шинами КАМА EURO 224 185/65R14 82Н. Двигатель производства Волжского автомобильного завода с маркировкой ВАЗ — 21126. Привод передний, механическая коробка передач (передаточные числа: I – 3.64; II – 1.95; III-1.357; IV – 0.94; V – 0.784, главная передача – 3,7). КПД трансмиссии 0,94. Система питания с распределенным впрыском и электронным блоком управления, максимальная мощность 98 л. с. (72 кВт) при 5600 об/мин, крутящий момент 145 Н*м при 4000 об/мин.

Место: для испытания была выбрана объездная дорога трассы М-7 Москва-Казань между населенными пунктами Лесная Поляна и Гнилицкие Дворики.

Покрытие: ровная асфальтированная дорога.

Загрузка: два человека общей массой 156 кг (суммарная масса – 1578 кг);

Ход испытания: определен расход топлива при движении автомобиля на различных скоростях при разных оборотах двигателя автомобиля и на различных передачах коробки передач. Замеры осуществлялись при помощи бортового компьютера, оснащенного измерителем мгновенного расхода топлива, показания которого в привязке к скорости движения и включенной передаче в трансмиссии фиксировал инженер – контролер.

Внешняя скоростная характеристика двигателя показана на рис. 1

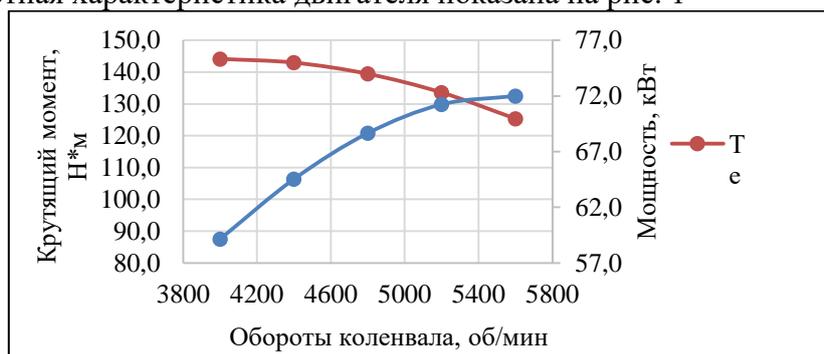


Рис.1. Внешняя скоростная характеристика двигателя ВАЗ – 21126

Результаты испытания: в табл. 1 представлены результаты эксперимента в виде средних значений расходов топлива (бензина), определенных по нескольким заездам. На рис. 2 графически изображены результаты испытания, которые были сведены в табл. 1.

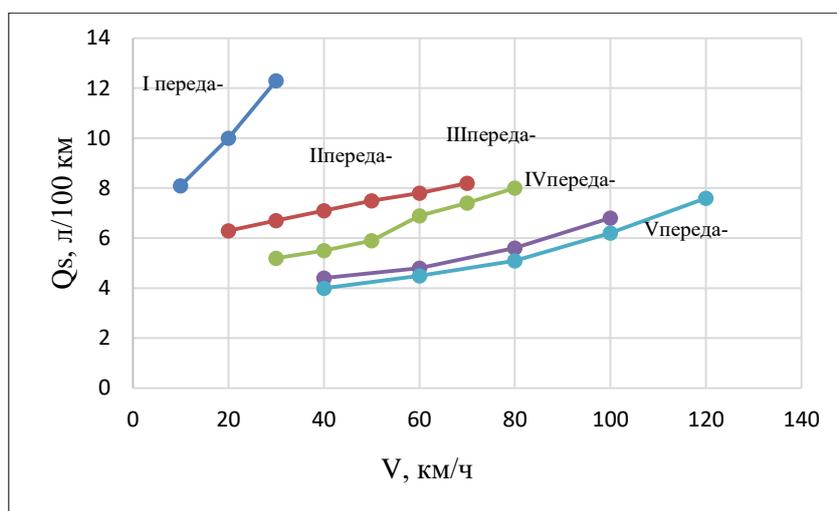


Рис. 2. Кривые расхода топлива автомобилем ВАЗ 2170, определенные в ходе испытания

Таблица 1. Результаты экспериментальных испытаний автомобиля ВАЗ 2170

№ пере- дачи	Скорость, км/ч	Расход топлива, л/100 км
I	10	8,1
	20	10
	30	12,3
II	20	6,3
	30	6,7
	40	7,1
	50	7,5
	60	7,8
III	30	5,2
	40	5,5
	50	5,9
	60	6,9
	70	7,4
	80	8

№ передачи	Скорость, км/ч	Расход топлива, л/100 км
IV	40	4,4
	60	4,8
	80	5,6
	100	6,8
V	40	4
	60	4,5
	80	5,1
	100	6,2
	120	7,6

Для теоретического расчета расхода топлива автомобиля ВАЗ 2170 была использована расчетная методика, основанная на математических зависимостях, главной из которых является формула для определения расхода топлива на различных режимах движения автомобиля Q_s [1]

$$Q_s = \frac{g_e(P_\psi + P_w)}{10\rho_T \eta_{TP} V_a}, \quad (1)$$

где g_e – удельный расход топлива, г/кВт * ч; P_ψ – затраты мощности на преодоление сопротивления дороги, кВт; P_w – затраты мощности на преодоление сопротивления воздуха, кВт; ρ_T – плотность используемого жидкого топлива, кг/м³; η_{TP} – к.п.д. трансмиссии автомобиля на данном режиме движения; V_a – скорость движения автомобиля, м/с.

Расход топлива двигателя во многом зависит от степени использования мощности и частоты вращения коленчатого вала, поэтому в учебниках по теории автомобиля предлагается расчетное определение величины g_e для каждого режима работы двигателя по формуле [2, 3, 4]

$$g_e = g_e^{\min} \cdot K_e \cdot K_n, \quad (2)$$

где g_e^{\min} – величина минимального удельного расхода топлива, обычно имеющаяся в паспортной характеристике двигателя, г/кВт * ч; K_n – коэффициент, учитывающий степень ис-

пользования мощности двигателя на данном расчетном режиме; K_e – коэффициент, учитывающий степень приближения угловой скорости вращения коленчатого вала двигателя на расчетном режиме ω_e к его угловой скорости ω_p при максимальной мощности, $E = \omega_e/\omega_p$.

При определении коэффициентов K_e использована формула [3]

$$K_e = 1,25 - 0,99 \cdot E + 0,98 \cdot E^2 - 0,24 \cdot E^3 \quad (3)$$

Коэффициенты K_{η} были определены через полином пятой степени для автомобилей с бензиновыми двигателями с распределенным впрыском, который имеет вид

$$K_{\eta} = 4,32 - 24,21 \cdot \eta + 71,87 \cdot \eta^2 - 107,21 \cdot \eta^3 + 78,73 \cdot \eta^4 - 22,5 \cdot \eta^5 \quad (4)$$

Результаты расчетов представлены в виде кривых (рис.3).

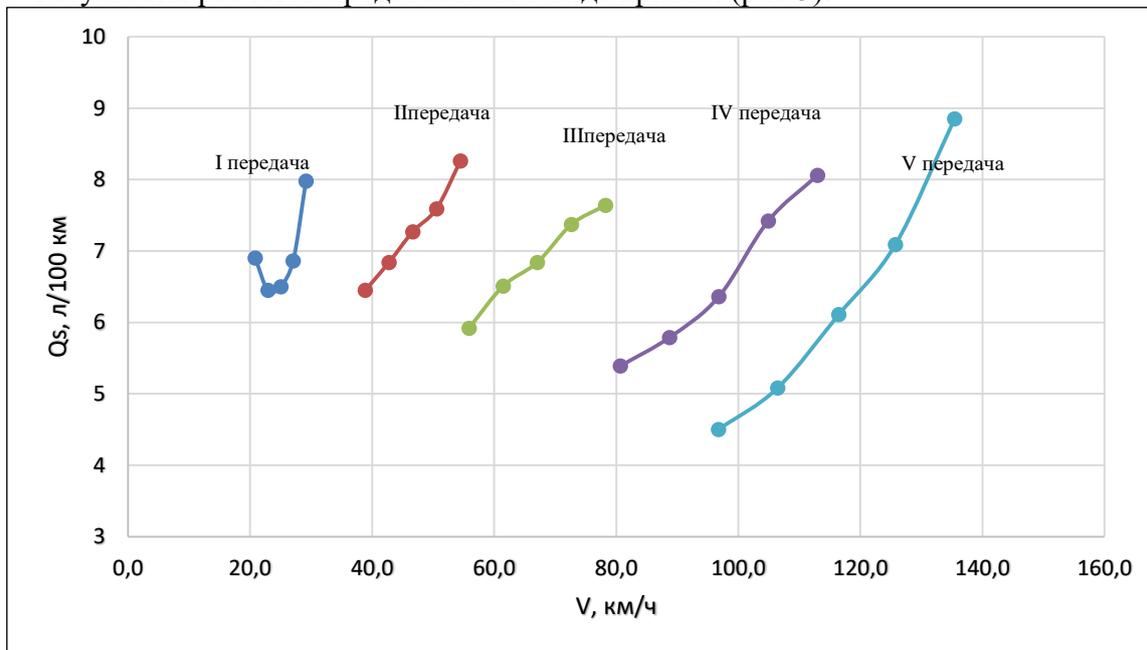


Рис. 3. Расчетные кривые расхода топлива автомобилем ВАЗ 2170 при использовании полинома $K_{\eta} = 4,32 - 24,21 \cdot \eta + 71,87 \cdot \eta^2 - 107,21 \cdot \eta^3 + 78,73 \cdot \eta^4 - 22,5 \cdot \eta^5$

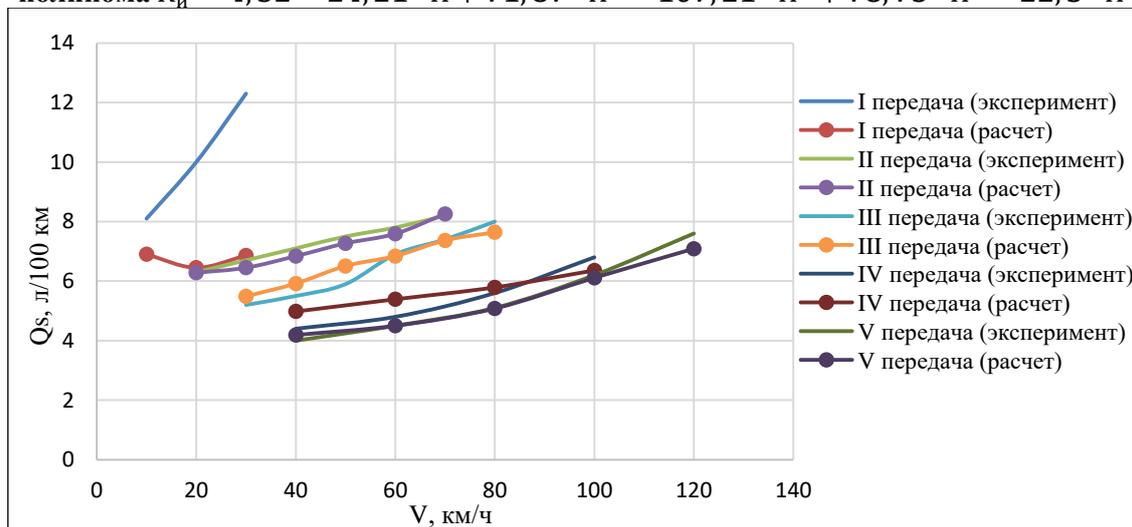


Рис. 4. Расчетные и экспериментальные кривые расхода топлива автомобилем ВАЗ 2170

Таблица 2. Сводные результаты эксперимента и расчета

Передача	Скорость, км/ч	Эксперимент	Расчет	Отклонение
		Расход топлива, л/100 км	Расход топлива, л/100 км	
I	10	8,1	6,9	-17,4
	20	10	6,45	-55,0
	30	12,3	6,86	-79,3
II	20	6,3	6,28	-0,3
	30	6,7	6,45	-3,9
	40	7,1	6,84	-3,8
	50	7,5	7,27	-3,2
	60	7,8	7,59	-2,8
	70	8,2	8,26	0,7
III	30	5,2	5,49	5,3
	40	5,5	5,92	7,1
	50	5,9	6,51	9,4
	60	6,9	6,84	-0,9
	70	7,4	7,37	-0,4
	80	8	7,64	-4,7
IV	40	4,55	4,98	8,6
	60	4,9	5,39	9,1
	80	5,6	5,79	3,3
	100	6,8	6,36	-6,9
V	40	4	4,19	4,5
	60	4,5	4,5	0,0
	80	5,1	5,08	-0,4
	100	6,2	6,11	-1,5
	120	7,6	7,09	-7,2

Вывод

В результате проведенных исследований (табл. 2) было установлено, что показания бортового компьютера автомобиля и результаты расчетного определения потребления топлива достаточно хорошо совпадают на всех передачах, кроме 1-й передачи трансмиссии, что наглядно видно при графическом изображении полученных данных (рис. 4). Это может быть связано с тем, что на автомобиле задействован режим обогащения горючей смеси при ускорении, и за счет соответствующего программирования впрыска топлива в цилиндры двигателя получается более устойчивая смесь при движении на малых скоростях, что обычно соответствует ситуации использования пониженных передач в коробке передач.

Библиографический список

1. Уточнение расчетов норм путевого расхода топлива автомобилей / Песков В.И. [и др.] // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – №12. – С. 1387-1390.
2. **Фурман, А.С.** Аналитическое исследование топливной экономичности автомобиля с электромеханической трансмиссией / А.С. Фурман, Д.В. Стенин, В.Е. Ашихмин //Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2007. - №35. – С. 94-96.
3. **Кравец, В.Н.** Теория автомобиля: учебное пособие /В.Н. Кравец.– Нижний Новгород : НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2013. – 413 с.
4. **Кузьмин, Н.А.** Теория эксплуатационных свойств автомобилей: учен. пособие / Н.А. Кузьмин, В.И. Песков. – М.: Форум; НИЦ ИНФРА-М, 2013. – 256 с.

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА РАСХОД ТОПЛИВА В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Изучение факторов, влияющих на расход ГСМ, является одним из необходимых элементов учетно-аналитической системы, обеспечивающей контроль расхода горюче-смазочных материалов.

Основные факторы, влияющие на расход топлива автомобилей, связаны с механическими потерями в ДВС и трансмиссии, а также с сопротивлением движению автомобиля. Сопротивление движению автомобиля складывается из сопротивления качению, аэродинамического сопротивления и преодоления сил инерции. Выражение для расчета топливного баланса автомобиля имеет вид [1,2]

$$Q_{\Sigma} = Q_{ДВ} + Q_{ТР} + Q_f + Q_w + Q_{\gamma} + Q_{\alpha},$$

где Q_{Σ} – суммарный расход топлива на движение автомобиля; $Q_{ДВ}$ – преодоление механических, тепловых и насосных потерь в двигателе; $Q_{ТР}$ – преодоление механических потерь в трансмиссии; Q_f – преодоление сопротивления качению; Q_w – преодоление аэродинамического сопротивления; Q_{γ} – преодоление сил инерции автомобиля; Q_{α} – преодоление уклонов (подъемов) дороги.

Таким образом, в процессе эксплуатации автомобиля учитывают ряд факторов, которые подразделяются на две группы: эксплуатационные и организационные.

Эксплуатационный расход топлива, как правило, превышает контрольный расход, приведенный в технической характеристике автомобиля. Обусловлено это тем, что в реальных условиях эксплуатации на расход топлива оказывают влияние дополнительные факторы (рис. 1), которые можно разделить на управляемые и неуправляемые.

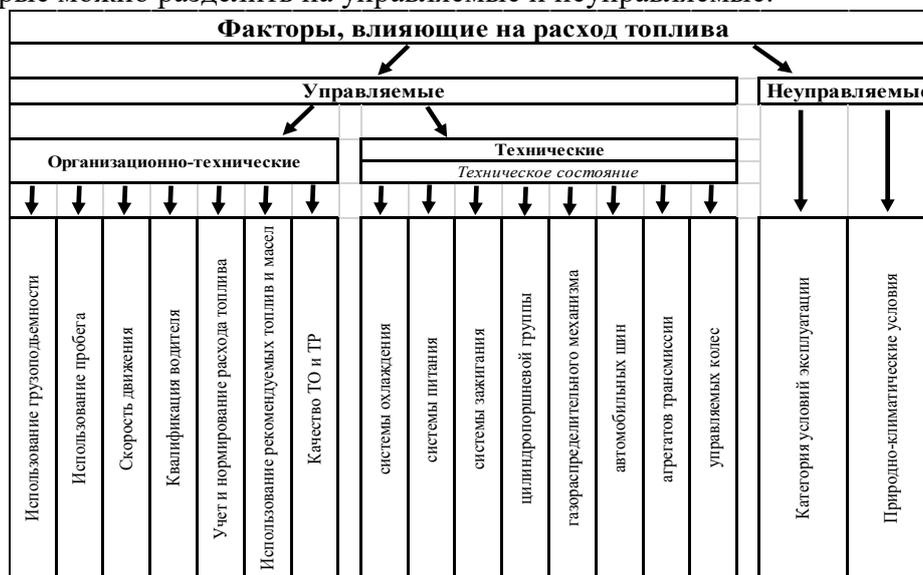


Рис. 1. Факторы, влияющие на расход топлива

Факторы, на которые можно воздействовать, изменяя при этом расход топлива, носят название управляемые. К ним относятся организационно-технические (использование грузоподъемности, пробег и скорость движения, квалификация водителя и др.) и технические (состояние системы охлаждения, системы питания и т.п.).

Рассмотрим эти факторы более подробно.

Организационно – технические факторы:

- загрузка автомобиля: увеличение коэффициента использования грузоподъемности на 1% (загрузка автомобиля не только в прямом, но и в обратном направлении) вызывает снижение удельного расхода топлива на единицу транспортной работы на 1,2 % [3];
- организация перевозки грузов: при уменьшении коэффициента использования пробега теряется до 1,3 % топлива [3];
- скорость движения: с увеличением скорости движения повышается расход топлива, при этом пропорционально возрастает производительность автомобиля (уменьшается время доставки груза), что позволяет снизить расходы на перевозку;
- квалификация водителя: при низкой квалификации водителя перерасход топлива может достигаться до 20-25% [3];
- учет и нормирование расхода топлива: если такая система отсутствует в организации, то это приводит к усредненному расчету расхода топлива по ГСМ, а также снижается возможность контролирования расхода. Использование такой системы учета позволяет детально учитывать все факторы, влияющие на расход топлива (транспортные, дорожные, климатические);
- применение рекомендуемых топлив и масел: при использовании ГСМ, не соответствующих техническим условиям эксплуатации транспортного средства, расход топлива может увеличиться до 15% [3].

Технические факторы (техническое состояние):

- системы охлаждения: эта система должна находиться в технически исправном состоянии, так как при отклонениях температурных режимов работы изменяются процессы горения и смесеобразования. При недостаточно высокой рабочей температуре топливная смесь не сгорает полностью, а при избыточном повышении температуры снижается коэффициент наполнения цилиндров и формируются условия появления детонации, что приводит к увеличению расхода топлива на 8-10% [4];
- системы питания: неотрегулированная система питания двигателя во всех случаях приводит к сжиганию лишнего бензина;
- системы зажигания: проблемы с искрообразованием приводят к нарушению нормального процесса сгорания смеси, в результате чего снижается мощность двигателя. При этом нарушение зазора в контактной группе прерывателя-распределителя (трамблера) может увеличив количество сжигаемого бензина, соответственно увеличить расход топлива на 10 % относительно нормы, а неправильная установка угла опережения зажигания способна привести к еще большему перерасходу топлива и снижению его экономии на 30 % [4];
- цилиндро–поршневой группы: повышенный расход топлива происходит из-за того, что при появлении зазора в ЦПГ часть газов прорывается в картер и меньше давит на поршень. При этом требуется больше топлива, чтобы компенсировать потерю части рабочих газов;
- газораспределительного механизма: повышенный расход топлива проявляется в негерметичности клапанов: снижается давление рабочих газов в начале такта расширения и в конце такта сжатия. Топлива требуется больше, а мощность двигателя снижается;
- автомобильных шины: повышенный расход топлива возникает, если не следить за оптимальным давлением в покрышках. Низкое давление вызывает высокое сопротивление качению колес, соответственно непредвиденный расход топлива;
- агрегатов трансмиссии: при правильном пользовании коробкой переключения передач можно сэкономить топлива до 30% [4];
- управляемых колес: необходимо регулировать сход-развал колес автомобиля. Если его не делать, то шины могут встать неправильно, а это увеличит расход топлива.

Таким образом, одной из основных причин повышенного расхода топлива является недостаточный уровень технического обслуживания автомобилей (особенно систем охлаждения, питания, зажигания, смазки) и механизмов двигателя, технического состояния автомобильных шин, узлов трансмиссии и ходовой части.

К неуправляемым факторам, влияющим на расход топлива, относятся условия эксплуатации автомобиля и природно-климатические условия.

Выделяется пять категорий условий эксплуатации в зависимости от вида дорожного покрытия, типа рельефа местности и места движения (за пределами пригородной зоны, в малых или больших городах), при которых расход топлива может меняться [1].

Значительное влияние на расход топлива автомобиля оказывают факторы внешней среды: эксплуатация автомобиля в условиях жаркого климата, движение в условиях недостаточной видимости (туман, дождь, метель и т.д.), эксплуатация в темное время суток, в зимнее время года, интенсивность транспортного потока на автодороге.

Вывод: все перечисленные факторы оказывают влияние на расход топлива автомобилем. Поэтому водители, учитывающие рассмотренные факторы, могут достичь значительно улучшения топливной экономичности своих автомобилей, не прибегая к снижению объема двигателя. Обладая этими знаниями, вполне реально экономить расход топлива до 20–30%.

Библиографический список

1. **Кузьмин, Н.А.** Техническая эксплуатация автомобилей: нормирование и управление: учеб. пособие / Н.А. Кузьмин. – М.: Форум; НИЦ ИНФРА-М, 2011. – 224 с.
2. **Кузьмин, Н.А.** Анализ состояния дел по нормированию расходов топлива на автомобильном транспорте России / Н.А. Кузьмин, А.Н.Кузьмин, С.В. Ильинов // Транспортные системы. – 2017. – №3(6). – С. 32-36.
3. **Гурова, Е.А.** Факторы, влияющие на расход горюче-смазочных материалов на автотранспортных предприятиях //Учет, анализ и аудит: проблемы теории и практики. – 2015. - №15. – С. 62-65.
4. **Акунов, Б.У.** Анализ факторов, влияющих на расход топлива автомобиля в процессе эксплуатации // Наука и новые технологии. – 2014. - №2. – С. 36-38.

УДК 656.025.4

КУЛЯЗИН А.Д., ЛИПЕНКОВ А.В., МУРЕЕВ М.А.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ МАРШРУТИЗАЦИИ С ПОМОЩЬЮ ТАБУ МЕТОДА

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Проблема маршрутизации транспортных средств (VRP) – важная проблема комбинаторной оптимизации в планировании распределения маршрутов. Различные формы VRP изучаются как в теоретическом, так и практическом плане. Качество решения этих проблем имеет важное значение для отрасли логистики при рассмотрении транспортных расходов. Данциг и Рамсер впервые продемонстрировали эту экономию затрат, предоставив решение задачи по оптимальному распределению бензина[1]. Одни из ведущих исследователей точных процедур решения VRPTof и Виго считают, что компьютерные решения для задач распределения уменьшают транспортные расходы на 5-20%, и это значительное снижение, поскольку транспортные расходы составляют от 10 до 20% всех затрат [2].

Хорошо изученной формой решения VRP является эвристический метод исключения (TS). Ф. Гловер – основоположник алгоритма поиска с запретами предложил принципиально новую схему локального поиска, позволяющую алгоритму не останавливаться в точке локального оптимума, как это предписано в стандартном алгоритме локального спуска, а путешествовать от одного локального оптимума к другому в надежде найти глобальный оптимум. Основным механизмом, позволяющим алгоритму выбираться из локального оптимума,

является список запретов $\text{Tabu}(i_k)$. Он строится по предыстории поиска, то есть по нескольким предшествующим решениям $i_k, i_{k-1}, \dots, i_{k-1+1}$, и запрещает часть окрестности текущего решения $N(i_k)$. Точнее, на каждом шаге алгоритма очередная точка i_{k+1} является оптимальным решением подзадачи

$$f(i_{k+1}) = \min \{f(j) \mid j \in N(i_k) \setminus \text{Tabu}(i_k)\}.$$

Список запретов $\text{Tabu}(i_k) \subset N(i_k)$ учитывает специфику задачи и, как правило, запрещает использование тех «фрагментов» решения (ребер графа, координат вектора, цвета вершин), которые менялись на последних шагах алгоритма. Константа $l \geq 0$ задает длину списка запретов. При $l = 0$ получаем стандартный локальный спуск.

Существует много вариантов реализации основной идеи поиска с запретами. Приведем один из них, для которого удается установить асимптотические свойства. Рассмотрим рандомизированную окрестность $N_p(i) \subset N(i)$, где каждый элемент окрестности $j \in N(i)$ включается в множество $N_p(i)$ с вероятностью p независимо от других элементов. С ненулевой вероятностью множество $N_p(i)$ может совпадать с $N(i)$, может оказаться пустым или содержать ровно один элемент. Общая схема алгоритма поиска с запретами может быть представлена следующим образом.

Алгоритм поиска с запретами

Шаг 1: Выберите начальное решение i в S . Установите $i^* = i$ и $k = 0$.

Шаг 2: Установим $k = k + 1$ и создадим подмножество V^* решения в $N(i, k)$ так, чтобы либо одно из условий Табу было нарушено, либо, по крайней мере, одно из условий аспирации.

Шаг 3: Выберите лучший j в V^* и установите $i = j$.

Шаг 4: Если $f(i) < f(i^*)$, то положим $i^* = i$.

Шаг 5: Обновите условия Табу и аспирации.

Шаг 6: Если условие остановки выполнено, остановите. Иначе переходите к этапу 2.

Условия остановки:

Некоторые условия немедленной остановки могут быть следующими:

- $N(i, K + 1) = 0$ (нецелесообразное решение в окрестности решения i);
- K больше максимального количества разрешенных итераций;
- количество итераций с момента последнего улучшения i^* больше заданного числа.
- доказательства могут быть лучше, чем полученное оптимальное решение.

Хиллер и Либерман изложили критерий остановки поиска Табу, например, используя фиксированное количество итераций, процессорного времени или последовательных итераций без улучшения наилучшего целевого значения функции. Также остановитесь на любой итерации, где нет возможных шагов в локальный район текущего пробного решения.

Подводя итоги, можно отметить следующие плюсы и минусы данного метода:

Плюсы:

- позволяет принимать не улучшающее решение для выхода из локального оптимума;
- использование списка Табу;
- может применяться как к дискретным, так и непрерывным пространствам решений;
- для больших и сложных задач (планирование, квадратичное назначение и маршрутизация транспортных средств) поиск Табу получает решения, которые конкурируют и часто превосходят лучшие решения, ранее найденные другими подходами.

Минусы:

- слишком много параметров, которые необходимо определить;
- количество итераций может быть очень большим;
- глобальный оптимум может быть и не найден (зависит от настроек параметров).

Библиографический список

1. **Dantzig, G. B.** Solution of a large scale travelling-salesman problem / G.B. Dantzig, D.R. Fulkerson, S.M. Johnson // Oper. Res 2. – 1984.
2. **Toth, P.** The vehicle routing problem// Library of Congress Cataloging-in-Publication Data – 2001.
3. **Липенков, А.В.** Оценка эффективности метода имитации отжига для решения задачи маршрутизации грузовых перевозок / Д.Г. Менлияхматов, М.С. Ляпустин, А.В. Липенков// Транспортные системы. – №3. – 2016. – С. 1-5.
4. **Кулязин, А.Д.** Решение задачи маршрутизации с помощью метода разделенной доставки / А.Д. Кулязин, А.В. Липенков. – Н. Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2019.

УДК 656.13

МАРКОВА Е.А., ЛИПЕНКОВ А.В.

РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ ГИПЕРМАРКЕТА LEROY MERLIN

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время город Нижний Новгород характеризуется плотной и развитой улично-дорожной сетью в городском округе. В недавнем времени в городе открылся крупнейший DIY-гипермаркет Leroy Merlin, который расположен на окраине города с затрудненным заездом. Затрудненность состоит в том, что повернуть в гипермаркет по движению с востока (со стороны города) невозможно. Для этого нужно проехать прямо на 2 км и развернуться. Вследствие чего появилась задача разработки дорожной развязки для комфортного заезда в гипермаркет на личном и общественном транспорте.

Целью разработки проекта организации дорожного движения является оптимизация методов организации дорожного движения на автомобильной дороге или отдельных ее участках для повышения пропускной способности и безопасности движения транспортных средств и пешеходов.

Для организации рационального движения общественного транспорта, а также заезда в гипермаркет и разворота личных автомобилей была разработана схема заездного (разворотного) кармана на моделирующем дорожном участке. В соответствии с требованиями ГОСТ Р 52290-2004, были разработаны ведомости размещения дорожных знаков, барьерного ограждения, сигнальных столбиков, искусственного освещения, пешеходных дорожек и ограждений, а также ведомости наличия светофорных объектов, пешеходных переходов, остановок общественного транспорта.

УДК 621.43

РЯБУХИН Д.Н., САЧКОВ Р.В., БЕССОЛЬЦЕВ В.Э.,
КАДУШКИН И.Н., ГОНЧАРОВ К.О.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ УЛ. РОДИОНОВА И УЛ. БРИНСКОГО

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Одна из действующих проблем больших городов значителен проблема «пробок» на дороге. Проблема транспортного коллапса неблагоприятно влияет на жизнь. Именно из-за дорожных заторов происходят стрессы, ухудшение здоровья человека, повышается риск дорожно-транспортного происшествия, расходуется время и загрязняется воздух. Возникнове-

ние данной проблемы – это устаревший способ управления транспортными течениями, неразумная работа светофоров, с каждым годом приумножающиеся объемы личного транспорта.

Одним из методов для улучшения дорожных условий в городах является строительство новых дорог и расширение существующих. Однако строительство новых дорог не всегда возможно из-за плотной постройки города, а также большие инвестиции.

Другим методом улучшения дорожных условий может стать увеличение пропускной способности уже имеющихся дорог путем оптимизации и совершенствования режимов работы светосигнальной установки, установки новых светофоров и организация поворотных карманов, правил пропуска через регулируемые перекрестки, замена наземных пешеходных переходов надземными и т.д.

Европа добилась огромных результатов в разработке и применении на практике современных программных комплексов для имитационного моделирования улично- дорожной сети с целью проверки и разработки сценария ее совершенствования. Одной из подобных программных установок можно считать PTVVISSIM.

В России также идут научно-экспериментальные работы в области программного обеспечения на изучение транспортных потоков. Были разработаны ряд программ: «Светофор», TransNet и «Артерия 3.0».

Транспортная сеть города формировалась столетиями. В настоящее время и до 2020 г. уровень автомобилизации Нижнего Новгорода принят 348 (по другим данным 360[10]) автомобилей на 1000 чел. [9], что значительно превышает норму. Таким образом, актуальность приобретают исследования по оптимизации работы светофорных объектов в транспортной сети города.

Вопросы повышения оптимизации светофорного регулирования встречались в работах многих отечественных ученых и исследователей: Ахмадинурова М.М., Власова А.А., Орлова Н.А., Чушкиной К.А., Тимофеевой О.П., Палицына С.С., Гелдиева Х.А. и др.

Этими и другими специалистами было разработано несколько вариантов для оптимизации светофорного регулирования:

- увеличение длительности разрешающего сигнала светофора [3];
- проектирование адаптивной сети для управления городскими светофорами;
- создание защищенной области, пока в этой области не появится свободное расстояние [4].

Рассмотрим вопрос оптимизации светосигнальной установки с помощью имитационного моделирования на примере перекрестка улицы Родионова и улицы Бринского города Нижнего Новгорода. Для оптимизации данного перекрестка воспользуемся программой PTVVISSIM. Построим модель с реальными данными по транспортному потоку и времени светофорного цикла. Программе были предложены свои данные по времени светофорного цикла и был найден оптимальный вариант для разгрузки улично – дорожной сети.

На данном участке известно, что пиковый период приходится на 16:00 -18:00 ч. (рис.1). С 17:10 до 17:30 наибольшее количество автомобилей проходит через перекресток.

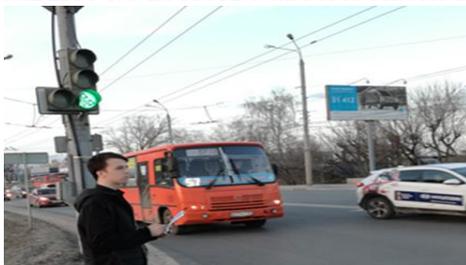


Рис.1. Осмотр направления в сторону центра

Одной из главных характеристик, обязательных при оптимизации дорожного регулирования, считается интенсивность движения автомобилей. Под интенсивность движения транспортных потоков к регулируемому пересечению понимают часовую интенсивность.

Рассмотрим алгоритм создания модели.

Шаг 1. Необходимо нарисовать дорожную сеть перекрестка с помощью функции «отрезки» (по терминологии PTVVISSIM).

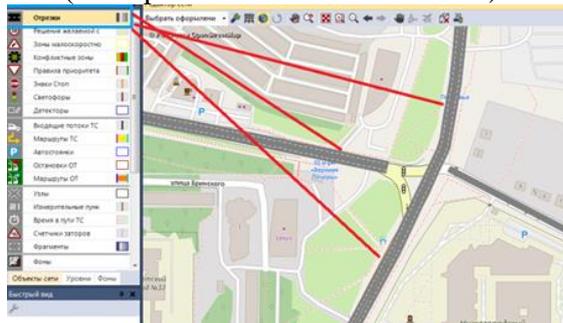


Рис. 2. Построение дорожной сети



Рис. 3. Соединитель

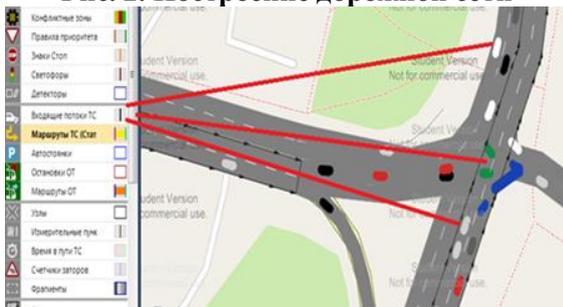


Рис. 4. Создание транспортных потоков и маршрутов

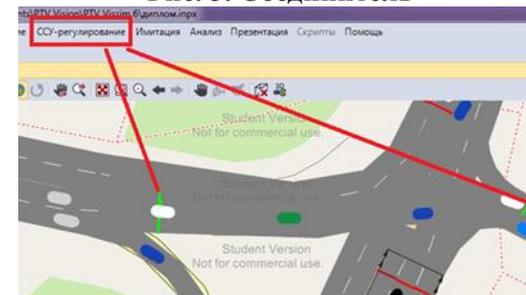


Рис. 5. Функция ССУ – регулирования

Шаг 2. Соединяем отрезки для создания дорожной сети во всех направлениях

Шаг 3. Создаем входящие потоки для появления движущихся объектов и указываем направление движения транспортного средства.

Шаг 4. Создаем несколько светофорных групп (функция ССУ-регулирование), так как программа устанавливает для каждой полосы свой светофор.

Шаг 5. В сигнальной программе задаем реальное время цикла, последовательность световых сигналов и продолжительность каждого из них.

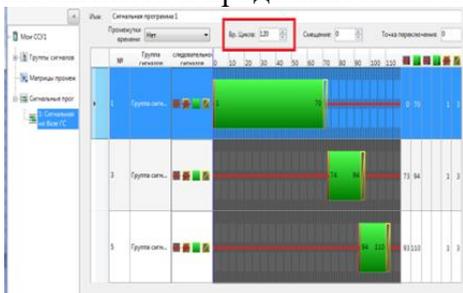


Рис. 6. Фиксированное время светофора



Рис. 7. Нагрузка на участок до оптимизации

Шаг 6. Запускаем модель с актуальными данными по фактической интенсивности дорожного движения.

По модели видно, что данный цикл светофора и последовательность горения светосигнальной установки не справляется с транспортным потоком, из-за чего образуется дорожный затор во всех направлениях. Для детального расчета соберем данные с самой программы: длину затора и максимальную длину затора, остановки в заторе, время задержки в пути, время всего пути, время переключения светосигнальной установки (рис. 8). Изменим параметры для снижения загрузки данного перекрестка (рис. 4. и рис. 5).

На основании построенной модели было предложено несколько путей оптимизации перекрестка.

Вариант 1. Увеличение полосы движения от выезда из дилерского центра компании «Агат» до пересечения улицы Родионова и улицы Бринского.

Организация дополнительной полосы движения в направлении «центр» около Нижегородского института ФСБ России. Благодаря новой полосе, поток машин направляющихся на улицу Лысогорская, не будет стоять на светофоре, тем самым разгружая полосы движения

и уменьшая риск попадания в дорожно-транспортное происшествие с потоком машин, поворачивающих на эту же улицу со стороны дилерского центра компании «Агат».

Со стороны улицы Лысогорской также можно расширить дорогу, благодаря этому организуются два направления, которые могут поворачивать в разное время переключения светосигнальной установки.

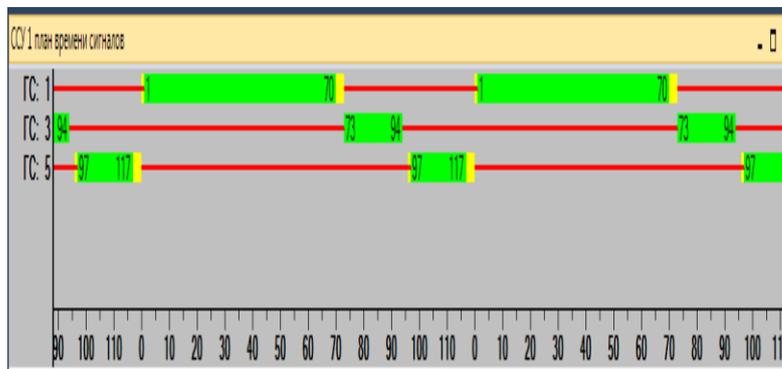


Рис. 8. Время переключения светосигнальной установки

ХодИм	ИнтВр	СчЗат	ДлЗат	ДлЗатМакс	ОстЗат
55	0-600	1	226.47	287.11	199
55	0-600	2	182.19	320.14	380
55	0-600	3	257.45	426.02	456
55	0-600	4	207.12	365.14	570
56	0-600	1	226.47	287.11	199
56	0-600	2	182.19	320.14	380
56	0-600	3	257.45	426.02	456
56	0-600	4	207.12	365.14	570
57	0-600	1	226.47	287.11	199
57	0-600	2	182.19	320.14	380
57	0-600	3	257.45	426.02	456
57	0-600	4	207.12	365.14	570
Ср.значение	0-600	1	226.47	287.11	199
Ср.значение	0-600	2	182.19	320.14	380
Ср.значение	0-600	3	257.45	426.02	456
Ср.значение	0-600	4	207.12	365.14	570
Стандартное	0-600	1	0.00	0.00	0
Стандартное	0-600	2	0.00	0.00	0
Стандартное	0-600	3	0.00	0.00	0
Стандартное	0-600	4	0.00	0.00	0
Минимум	0-600	1	226.47	287.11	199
Минимум	0-600	2	182.19	320.14	380
Минимум	0-600	3	257.45	426.02	456
Минимум	0-600	4	207.12	365.14	570

Рис.9. Длина затора

ВрЗадержСр(Все)	ОстСр(Все)	СкорСр(Все)	ВрЗадержСловСр(Все)	ОстПутьСр(Все)	ВрПутьСр(Все)	ЗадержВр(Все)	Ост(Все)	ВрЗадержСловСр(Все)	
77.38	1.44	18.27	42.25	644.26	126930.40	82637.43	1541	45122.41	
62.45	1.17	20.84	34.17	507.53	87668.60	52831.18	988	28908.89	
77.38	1.44	18.27	42.25	644.26	126930.40	82637.43	1541	45122.41	
77.375870	77.38	1.44	18.27	42.25	644.26	126930.40	82637.43	1541	45122.41
115.14	2.12	13.03	67.05	579.44	160093.00	120323.10	2219	70071.25	
38.09	0.79	23.88	21.29	178.93	26971.20	14739.35	306	8240.19	
115.14	2.12	13.03	67.05	579.44	160093.00	120323.10	2219	70071.25	
21.49	0.53	30.01	12.18	121.18	14536.80	6254.54	154	3544.20	
115.14	2.12	13.03	67.05	579.44	160093.00	120323.10	2219	70071.25	
115.14	2.12	13.03	67.05	579.44	160093.00	120323.10	2219	70071.25	
70.70	1.29	17.13	41.94	338.42	71126.80	47932.86	873	28434.75	
114.28	1.98	13.08	67.29	576.46	158624.00	119077.13	2067	70111.36	
114.28	1.98	13.08	67.29	576.46	158624.00	119077.13	2067	70111.36	
114.28	1.98	13.08	67.29	576.46	158624.00	119077.13	2067	70111.36	
87.73	1.61	17.00	50.46	509.00	121238.47	86299.57	1573	49651.02	
31.89	0.53	5.15	19.23	170.26	51319.97	41150.71	726	24347.49	
21.49	0.53	13.03	12.18	121.18	14536.80	6254.54	154	3544.20	
115.14	2.12	30.01	67.29	644.26	160093.00	120323.10	2219	70111.36	

Рис.10. Время задержки время в пути

Вариант 2. Увеличение длительности работы зеленого сигнала светосигнальной установки. Можно с уверенностью считать, что эти мероприятия позволят повысить эффективность организации дорожного движения и снизить время в пути на данном перекрестке (рис.11).



Рис. 11. Нагрузка после оптимизации

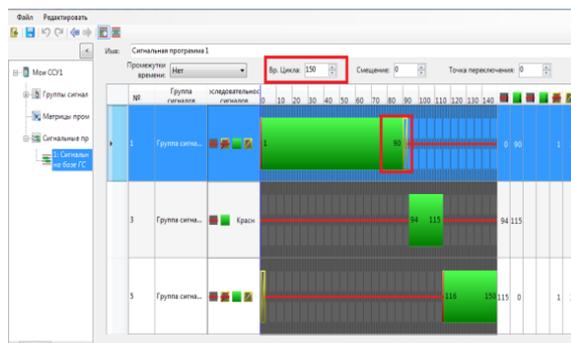


Рис.12. Изменение светофорной фазы для оптимизации

После изменения параметров в модели можно отметить, что дорога стала менее загружена. При нахождении оптимального решения данной проблемы мы начали с изменения цикла светофорных фаз. В настоящее время светофорный цикл составляет 120 с. При увеличении длительности до 130 с положительная динамика не наблюдается. При увеличении цикла до 150 с наблюдалось уменьшение затора. В результате на главные направления была выставлена длительность зеленой светосигнальной установки 90 с при 60 с в исходных данных (рис. 12).

Число:	28	ХодИм	ИнтВр	СчЗат	ДлЗат	ДлЗатМакс	ОстЗат
1	62	0-600	1		38.69	134.42	60
2	62	0-600	2		82.47	315.49	244
3	62	0-600	3		19.65	78.02	54
4	62	0-600	4		24.78	72.63	79
5	63	0-600	1		38.69	134.42	60
6	63	0-600	2		50.88	230.16	165
7	63	0-600	3		19.65	78.02	54
8	63	0-600	4		24.76	72.54	93
9	64	0-600	1		38.69	134.42	60
10	64	0-600	2		30.73	154.98	129
11	64	0-600	3		19.65	78.02	54
12	64	0-600	4		24.79	72.71	87
13	Ср.значение	0-600	1		38.69	134.42	60
14	Ср.значение	0-600	2		54.69	233.54	179
15	Ср.значение	0-600	3		19.65	78.02	54
16	Ср.значение	0-600	4		24.78	72.63	86
17	Стандартное	0-600	1		0.00	0.00	0
18	Стандартное	0-600	2		26.08	80.31	59
19	Стандартное	0-600	3		0.00	0.00	0
20	Стандартное	0-600	4		0.01	0.08	7
21	Минимум	0-600	1		38.69	134.42	60
22	Минимум	0-600	2		30.73	154.98	129
23	Минимум	0-600	3		19.65	78.02	54
24	Минимум	0-600	4		24.76	72.54	79

Рис. 13. Длина затора после оптимизации

Число:	25	ВрЗадержСр(Вел)	ОстСр(Вел)	СкорСр(Вел)	ВрЗадержСтр(Вел)	СтрПутьСр(Вел)	ВрПутьСр(Вел)	ЗадержВбСр(Вел)	ОстВб(Вел)	ВрЗадержСлв(Вел)
1	77.38	1.44	18.27	42.25	644.26	126930.40	82637.43	1541	45122.41	
2	61.62440206	1.17	20.04	34.17	507.53	87668.60	52831.18	988	28908.89	
3	77.38	1.44	18.27	42.25	644.26	126930.40	82637.43	1541	45122.41	
4	77.38	1.44	18.27	42.25	644.26	126930.40	82637.43	1541	45122.41	
5	115.14	2.12	13.03	67.05	579.44	160093.00	120323.10	2219	70071.25	
6	38.09	0.79	23.88	21.29	178.93	26971.20	14739.35	306	8240.19	
7	115.14	2.12	13.03	67.05	579.44	160093.00	120323.10	2219	70071.25	
8	21.49	0.53	30.01	12.18	121.18	14536.80	6254.54	154	3544.20	
9	115.14	2.12	13.03	67.05	579.44	160093.00	120323.10	2219	70071.25	
10	115.14	2.12	13.03	67.05	579.44	160093.00	120323.10	2219	70071.25	
11	70.70	1.29	17.13	41.94	338.42	71126.80	47932.86	873	20434.75	
12	114.28	1.98	13.08	67.29	576.46	158624.00	119077.13	2067	70111.36	
13	114.28	1.98	13.08	67.29	576.46	158624.00	119077.13	2067	70111.36	
14	114.28	1.98	13.08	67.29	576.46	158624.00	119077.13	2067	70111.36	
15	76.00	1.39	16.41	45.03	364.19	79908.60	54949.93	1008	32557.32	
16	77.79	1.42	16.23	45.97	370.90	82281.40	56863.03	1036	33602.72	
17	114.28	1.98	13.08	67.29	576.46	158624.00	119077.13	2067	70111.36	
18	114.28	1.98	13.08	67.29	576.46	158624.00	119077.13	2067	70111.36	
19	30.79	0.61	30.95	19.49	543.60	63233.40	25987.25	510	16393.68	
20	29.49	0.53	31.75	19.37	520.03	50968.00	23299.77	421	15306.21	
21	26.45	0.50	33.10	18.34	508.93	55359.60	20446.64	383	14171.46	
22	80.83	1.47	18.70	47.10	504.12	112111.27	77514.52	1405	45113.12	
23	34.93	0.60	7.03	20.18	146.08	50046.33	42629.39	749	24703.11	

Рис. 14. Время задержки после оптимизации

Также увеличилось время зеленого сигнала светофора и на второстепенных направлениях, а именно с улицы Бринского и с улицы Лысогорской во всех направлениях. Дополнительно к этим изменениям мы отобрали две новые полосы движения со стороны Нижегородского института ФСБ России в сторону улицы Лысогорской и пустили новую полосу выезда из направления дилерского центра компании «Агат», которая кардинально упростила это направление и убрала задержку на данном участке дороги. Были получены новые данные о времени задержки в пути, длине затора и максимальной длине затора, время всего пути остановки в заторе. Все эти данные в несколько раз превосходят изначальные, подтверждает правильность выбранной методики оптимизации перекрестка улицы Родионова и улицы Бринского (рис. 13) и (рис. 14). Имитационное моделирование с помощью программы PTV VISSIM позволяет создать модель перекрестка и разработать оптимальное решение с целью увеличения пропускной способности дороги.

Библиографический список

1. **Ахмадинуров, М.М.** Оптимизация светофорного упорядочивания благодаря программному продукту моделирования транспортных потоков // Транспорт Урала. – 2010. – № 3 (22).
2. **Тимофеева, О.П.** Обучение нейронной сети интеллектуальной структуры координации городскими светосигнальными установками / О.П. Тимофеева, С.С. Палицына // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 6. – Р. 12-19.
3. **Липенков, А.В.** Повышение эффективности функционирования городского пассажирского транспорта на основе управления пропускной способностью остановочных пунктов. дисс... канд. техн. наук: 05.22.10 / А.В. Липенков – Нижний Новгород, 2015 – 128 с.
4. **Бояршинов, М.Г.** Оптимизация цикла работы светосигнальной установки на регулируемом пересечении / М.Г. Бояршинов, И.Н. Бояршинова, И.А. Потапова // Инженерно-физический журнал. – 2017. – Т. 79. – № 6. – С. 23-29.

5. **Власов, А. А.** Методика расчета расписания работы светосигнальной установки объектов в условиях насыщенного движения / А.А. Власов, К.А. Чушкина, Н.А. Орлов.: монография. – Пенза: Изд-во ПГУАС, 2014.
6. **Гелдиев, Х.А.** Оптимизация управления транспортными потоками на перекрестках улиц. Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2011. – №11, – С. 11-16.
7. **Потапова, И.А.** Способы моделирования транспортного потока // И.А. Потапова, Т.Р. Исмагилов, И.Н. Бояршинова // Технические науки. – 2016. – №10. – С. 23-32.

УДК 621.113

СИЛАНТЬЕВ С.Э.¹, БЕРДНИКОВ Л.А.², КОРЧАЖКИН М.Г.², ЖИЛЯЕВ А.А.,
АЛТУШКИН Д.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЗАДНЕГО ВЕДУЩЕГО МОСТА ЛЕГКОГО КОММЕРЧЕСКОГО АВТОМОБИЛЯ (LCV)

ООО «НПФ ДСТ»,

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева²

Надежность— комплексное свойство автомобиля по выполнению заданных функций, сохраняя требуемые эксплуатационные показатели в заданных пределах в течение определенного времени или наработки. Надежность является одним из важнейших свойств автомобиля, от которого зависит эффективность использования транспортного средства по назначению. В теории надежности отказ автомобиля – явление, означающее нарушение работоспособности объекта, который может произойти вследствие различных причин (износа деталей, нарушения регулировок, смазки и т.д.)

Одним из основных узлов автомобиля является ведущий мост. Он служит для передачи крутящего момента от карданной передачи непосредственно на ведущие колеса. Рассмотрим надежность заднего ведущего моста на примере одного из отечественных автомобилей. Для проведения расчетов надежности условно разделим задний ведущий мост на следующие подсистемы:

- главная передача – передает крутящий момент под прямым углом от карданного вала к полуосям колес, увеличивая крутящий момент;
- дифференциал – дает возможность ведущим колесам вращаться с различным числом оборотов;
- полуоси – передают крутящий момент от дифференциала на ведущие колеса.

Рассмотрим статистику распределения дефектов по узлам автомобиля на рис.1.

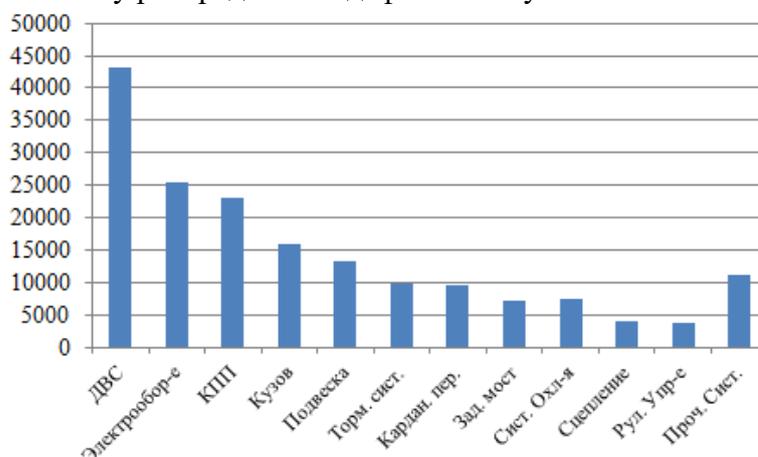


Рис.1. Распределение дефектов по узлам

Как мы видим из диаграммы, задний мост является одним из наиболее надежных узлов, и доля отказов по нему составляет 4,1 % от общего числа. Однако любой производитель

стремится к улучшению качества собственной продукции и уменьшению числа дефектов по всем агрегатам.

Конструкция редуктора заднего моста и полуосей представлена соответственно на рис. 2 и рис. 3.

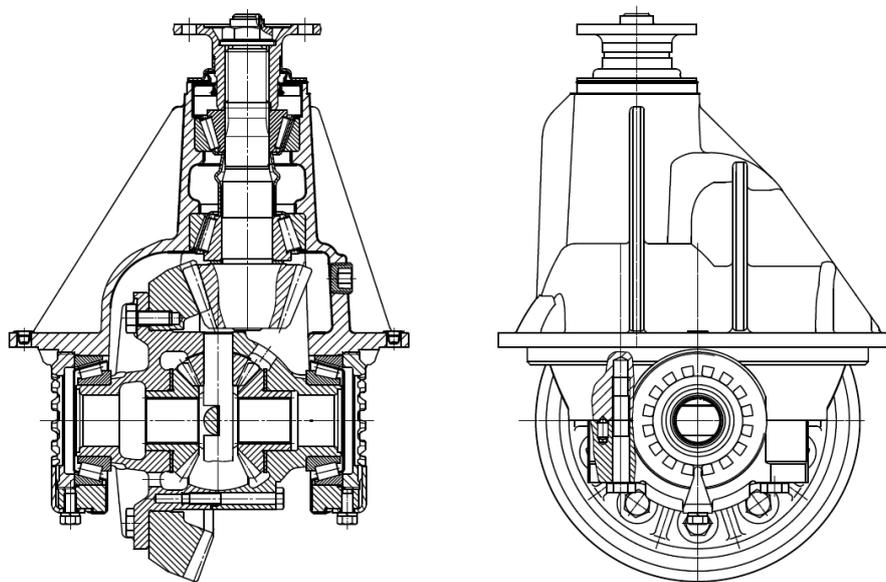


Рис.2. Конструкция редуктора заднего моста

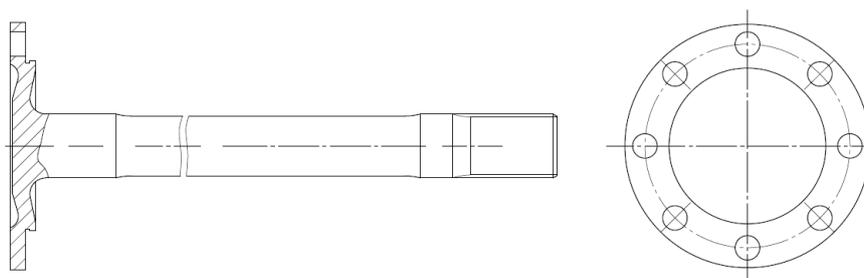


Рис.3. Конструкция полуосей

Для предупреждения числа отказов необходимо знать причину их возникновения и их влияние на общую работоспособность автомобиля. В зависимости от этих факторов в табл. 1 представлена классификация отказов.

Таблица 1. Классификация отказов автомобиля

Классификационный признак	Вид отказа
Причина отказа	Конструктивный Производственный Эксплуатационный Деградационный
Возможность обнаружения отказа	Явный Скрытый
Число отказавших составных частей объекта	Одиночный Кратный
Обусловленность отказа другими отказами	Независимый Зависимый
Характер изменений параметра	Постепенный Внезапный
Последствия отказа	Ресурсный Критический Некритический

Проанализируем возможные неисправности элементов заднего ведущего моста.

Таблица 2. Возможные неисправности заднего ведущего моста

Подсистема	Элементы	Возможные неисправности
Главная передача	Ведущая шестерня, ведомое колесо, подшипники ведущей шестерни, фланец ведущей шестерни, манжета	Износ сальника, износ шейки фланца, износ или разрушение подшипников ведущей шестерни, износ шестерен ГП, увеличение бокового зазор между зубьями ГП из-за нарушения регулировки
Дифференциал	Сателлиты, полуосевые шестерни, подшипники дифференциала, крестовина	Износ или разрушение подшипников дифференциала, износ зубьев шестерен дифференциала или сферической торцевой поверхности сателлитов
Полуоси	Полуоси, ступицы, подшипник ступицы	Износ сальника полуоси, износ или разрушение подшипников полуосей, износ шлицевого соединения полуосей с полуосевыми шестернями

Изучив возможные отказы, рассмотрим таблицу неисправностей элементов системы в процентном соотношении на примере отечественного автомобиля.

Таблица 3. Неисправности ведущего моста

Наименование дефекта	Кол-во дефектов	% от общего кол-ва
Течь масла через манжету ведущей шестерни	1518	23,3
Повышенный шум / стук редуктора заднего моста	1790	27,4
Течь масла через манжету ступицы заднего моста	1561	23,9
Неисправен подшипник ведущей шестерни	583	8,9
Повышенный шум (разрушение) подшипника ступицы	555	8,5
Течь в соединение полуоси и ступицы	119	1,8
Разрушение дифференциала редуктора	102	1,6
Течь через сварной шов картера	98	1,5
Течь через шлицевое соединение фланца	159	2,4
Неисправен сапун заднего моста	43	0,7

Распределение дефектов по подсистемам отображено на рис. 4.

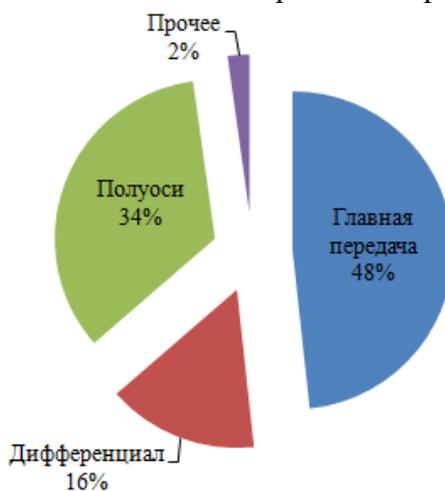


Рис. 4. Распределение дефектов по подсистемам

Оценка надежности предполагает работы по определению и анализу риска, оценке его допустимых пределов и возможностей уменьшения. Целью расчета надежности является выбор оптимальных конструктивных решений и режимов эксплуатации, а также периодов технических обслуживаний и ремонта автомобиля. В ходе оценки выявляются наиболее ненадежные агрегаты транспортного средства и определяются пути повышения показателей надежности.

Для проведения расчета следует представить автомобиль как систему, состоящую из агрегатов и узлов, которые принято называть блоками. Взаимную зависимость узлов транспортного средства следует представлять в виде блок-схем (цепей надежности).

Рассмотрим схему надежности заднего ведущего моста, укрупнив элементы по подсистемам, перечисленным выше.

Модель надежности заднего ведущего моста представлена на рис. 5

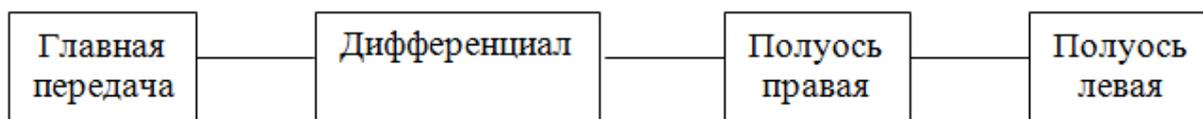


Рис. 5. Модель надежности ведущего моста

Из схемы (рис.5) видно, что при выходе из строя одного элемента вся система приходит в неработоспособное состояние.

Произведем расчет надежности системы:

$$P = P_{ГП} \cdot P_{\text{дифференциал}} \cdot P_{\text{прав. полуось}} \cdot P_{\text{лев. полуось}},$$

где вероятность безотказной работы: $P_{ГП}$ – главной передачи; $P_{\text{диф}}$ – дифференциала; $P_{\text{полуоси}}$ – полуосей.

Вероятность безотказной работы – это вероятность того, что в пределах заданной наработки или заданном интервале времени объект не откажет при определенных условиях эксплуатации.

Опираясь на статистические данные вероятности безотказной работы, примем следующие:

$$P_{ГП} = 0,92; P_{\text{дифференциал}} = 0,98; P_{\text{прав. полуось}} = P_{\text{лев. полуось}} = 0,97.$$

$$P = 0,92 \cdot 0,98 \cdot 0,97 \cdot 0,97 = 0,85.$$

Выводы

- 1) вероятность безотказной работы системы равна 0,85, что является достаточным для данной системы автомобиля;
- 2) для повышения уровня надежности системы имеет смысл применять более качественные резинотехнические изделия;
- 3) для понижения уровня шума следует выполнять предупреждающую возникновение данного дефекта регулировку деталей.

Библиографический список

1. Кузьмин, Н.А. Теоретические основы обеспечения работоспособности автомобилей: учеб. пособие / Н.А. Кузьмин. – М.: Форум; ИНФРА-М, 2014. – 272 с.
2. Кузьмин, Н.А. Разработка научных основ обеспечения работоспособности теплонагруженных деталей автомобильных двигателей: дисс...докт. техн. наук / Н.А. Кузьмин – Н.Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2006. – 256 с.
3. Кузьмин, Н.А. Теория эксплуатационных свойств автомобилей: учеб. пособие / Н.А. Кузьмин, В.И. Песков. – М.: Форум; ИНФРА-М, 2013. – 256 с.
4. Кузьмин, Н.А. Проблемы надежности трансмиссий городских автобусов / Н.А. Кузьмин, А.Д. Кустиков // Автотранспортное предприятие. – 2013. – №8. – С. 39-42.
5. Корчажкин, М.Г. Совершенствование нормативов технической эксплуатации городских автобусов / М.Г. Корчажкин, Н.А. Кузьмин, А.Д. Кустиков // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2012. – №4 (97). – С. 168-174.

6. Кузьмин, Н.А. Научные основы процессов изменения технического состояния автомобилей: монография / Г.В. Борисов, Н.А. Кузьмин. – Н. Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2012. – 270 с.
7. Кузьмин, Н.А. Техническая эксплуатация автомобилей: нормирование и управление: учеб. пособие / Н.А. Кузьмин – М.: Высш. образование, 2011. – 224 с.
8. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта / Минавтотранс РСФСР. – М.: Транспорт, 1988. – 78 с.

УДК: 621.431.73

СКОБЕЛИН К.Н., БЕРДНИКОВ Л.А., КОРЧАЖКИН М.Г.

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ТЕМПЕРАТУРНОГО СОСТОЯНИЯ ДЕТАЛЕЙ И СИСТЕМ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВС

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Возможность оценки температурного состояния автомобильных ДВС позволяет оказывать влияние на их эксплуатационную надежность. Проблема актуальна в связи с повышением степени форсирования современных автомобильных ДВС.

Тепловой КПД поршневых автомобильных двигателей определяется разницей между максимальной и минимальной температурами рабочего цикла

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon_{\phi}^{k-1}} \cdot \Delta'' \quad (1)$$

где ε_{ϕ} – фактическая степень сжатия с учетом потерянной доли хода поршня при $\varepsilon_{\phi} = 0,9 - 0,92$; ε – геометрическая степень сжатия; Δ'' – коэффициент, учитывающий долю потерянного тепла вследствие сокращения полезной площади «идеального цикла» в верхней части индикаторной диаграммы действительного цикла.

Несмотря на то, что удельные тепловые потоки q ($\text{Вт}/\text{м}^2$) для отечественных среднефорсированных автомобильных двигателей изменялись от $4,6 \cdot 10^3$ до $5,8 \cdot 10^3$, локальные тепловые потоки превышали указанные величины в 3,5 – 4,0 раза и более. Предельные значения локальных тепловых потоков были зафиксированы в наиболее теплонапряженных зонах деталей: для камер сгорания и головок поршней, в зонах выпускных клапанов, в выпускных устройствах ДВС.

По уравнению теплопередачи Фурье

$$Q_{\text{охл}} = -\lambda \frac{dt}{dh} = -\lambda \text{grad}T \quad (2)$$

где $Q_{\text{охл}}$ – тепло, отведенное системой охлаждения двигателя; λ – коэффициент теплопроводности материала ($\text{Вт}/\text{м} \cdot \text{К}$); dt – приращение или снижение температуры; h – расстояние между соответствующими изотермами.

В уравнении Лапласа для значений (2) можно записать

$$\frac{d^2 H}{dx^2} = \beta^2 H, \quad (3)$$

где: $H = (t_1 - t_2)$ – температурный напор в нормальном направлении по оси x к нагреваемой (охлаждаемой) детали.

При этом коэффициент β может быть определен по выражению

$$\beta = \sqrt{\frac{4a}{\lambda d}}, \quad (4)$$

где: a – коэффициент теплоотдачи детали ($\text{Вт}/\text{м} \cdot \text{град}$); d – размер детали.

Изменение количества подведенной (или отведенной) теплоты в этом случае определяется

$$dQ_x = \lambda \frac{d^2T}{dx^2} f dx , \quad (5)$$

где dQ_x - изменение количества подведенной (или отведенной) теплоты по оси x ; x – такое же значение для следующего конечного элемента при установившихся или постоянных тепловых режимах; T - значение температуры для первого конечного элемента при $(x_0 \dots x_n)$ и $t_1(x - n)$ и $t_1(x - n) - t_2(x - n) - t_n$; f - площадь поперечного кольцевого сечения для координаты x каждого конечного элемента.

Используя метод обобщенных переменных для уравнения теплопроводности (3) и (5) запишем:

$$\frac{dT}{d\tau} = a \left(\frac{d^2T}{dx^2} + \frac{d^2T}{dy^2} + \frac{d^2T}{dz^2} \right) , \quad (6)$$

$$\frac{dT}{d\tau} = a^2 \nabla^2 T \quad (7)$$

где T – температура; dx, dy, dz - приращение T по осям; τ – координата времени; a - коэффициент теплоотдачи; $\nabla^2 = \Delta$, где Δ - оператор Лапласа.

Отсюда определяется $\frac{dT}{d\tau}$ для значения β . По значению коэффициента β может быть произведен расчет температур деталей теплонагруженных элементов двигателей. На основе полученных значений температур возможен расчет величины осадкообразования в критических зонах двигателей как одной из причин снижения показателей надежности.

Библиографический список

1. **Зеленцов, В.В.** Осадкообразование в автомобильных двигателях / В.В. Зеленцов. – Горький, 1978. – 39 с.
2. **Зеленцов, В.В.** Эксплуатационные свойства и тепловые режимы поршневых автомобильных двигателей внутреннего сгорания / В.В. Зеленцов, В.В. Крупа. – Нижний Новгород, 2002. – 70 с.
3. **Зеленцов, В.В.** Увеличение ресурса силового агрегата автомобиля при ремонте / В.В. Зеленцов. – Горький, 1983. – 64 с.

УДК 621.43

ТАРАРИНА Е.Н., КОРЯКОВЦЕВА А.А., КУЗЬМИНА Е.А.,
ЯРЕМЕНКО А.И., КОНОВАЛОВА Е.С., БЕРДНИКОВ Л.А.

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА ТОПЛИВА

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Основную часть расходов, возникающих при эксплуатации транспортного средства (ТС), составляют расходы на горюче-смазочные материалы (ГСМ). В связи с этим вопрос об исследовании режима экономии топлива актуален на сегодняшний день. Наиболее ценной является информация о режиме расходования ГСМ, текущем расходе топлива и объеме заправок.

На практике выделяют два вида расхода топлива: фактический и нормированный. Существует множество факторов, которые сложно контролировать при расчете, например, профиль дороги и качество покрытия, климатические условия, состояние шин и др. Поэтому при решении задач экономии топлива наиболее точны показатели, полученные с помощью специального оборудования. Ключевыми факторами при расчетах норм расхода топлива являются: пробег ТС, масса груза, сезонность.

Фактический расход топлива измеряется с помощью расходомеров или уровнемеров. Рассмотрим систему измерения уровня и расхода топлива (рис. 1).

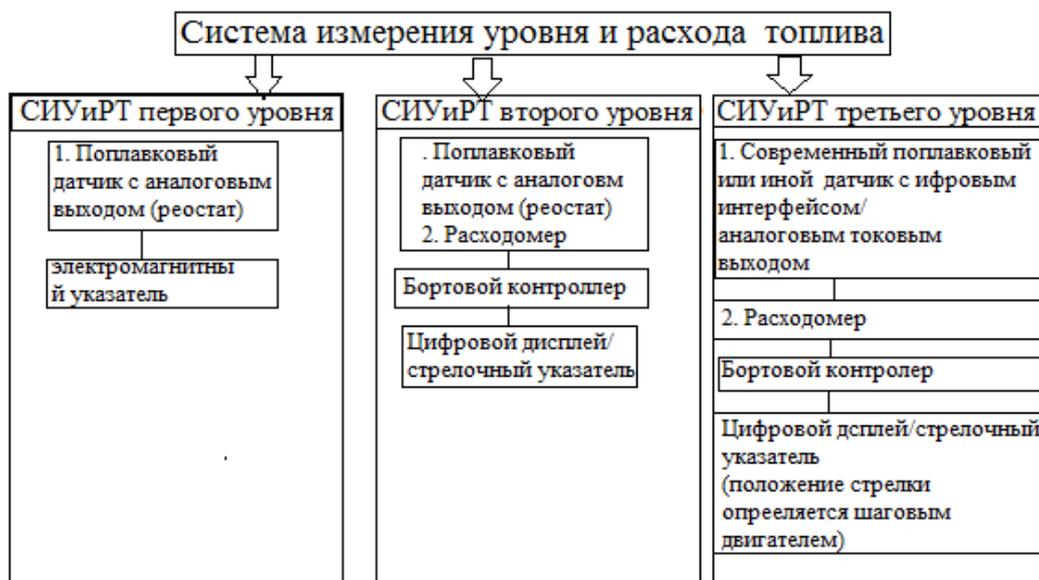


Рис. 1. Система измерения уровня и расхода

Для вычисления расхода топлива используются результаты измерения уровня по датчикам расхода топлива или расходомера. Расход топлива вычисляется суммированием объемов смеси, которая впрыскивается в цилиндр каждой форсункой (используется на дизельных ТС с системой CommonRail).

Система измерения уровня и расхода первого уровня являются самыми доступными и распространенными. Под измерением уровня понимается определение положения раздела двух сред различной плотности относительно выбранной горизонтальной плоскости (точка начала отсчета). Данные устройства имеют широкие функции и могут передавать фактическую информацию:

- объеме неизрасходованного топлива (в абсолютных или относительных единицах);
- расходе топлива на 100 км пробега;
- предполагаемом пробеге ТС без заправки.

При измерении уровня топлива необходимо учитывать такие особенности, как:

- небольшие габаритные размеры топливных баков по высоте;
- необходимость дистанционной передачи информации;
- наличие изменяющегося во времени угла наклона топливного бака при движении;
- воздействие ускорений по x, y, z плоскостям, вызывающие изменения уровня жидкости в результате плескания;
- наличие погрешностей: ориентация датчика в баке (Δy).

Погрешность Δy возникает из-за неправильной пространственной ориентации датчика вследствие неточностей установки бака и монтажа датчика в нем. При измерении уровня топлива на ТС данная погрешность обуславливается наклоном самой емкости, в которой производится измерение.

В первом случае Δy определяется как

$$\Delta' y = l \sin \varphi, \quad (1)$$

где l – смещение точки установки датчика на базовой поверхности от оси симметрии емкости.

Во втором случае Δy определяется как

$$\Delta' y = (H - h) (\cos \varphi_2 - 1). \quad (2)$$

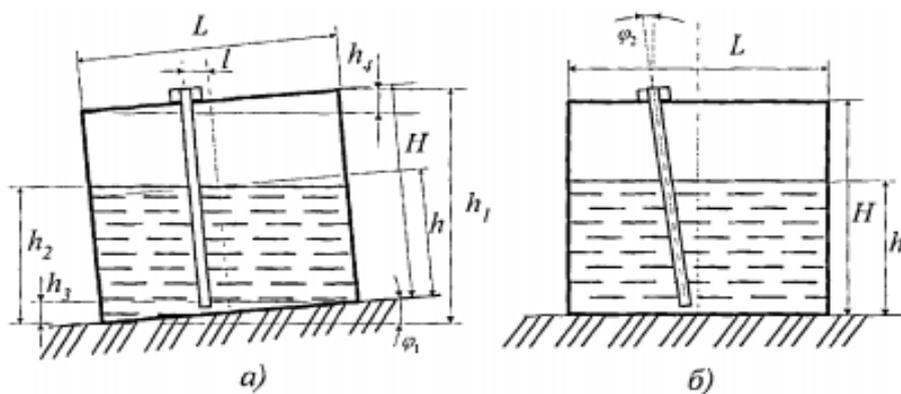


Рис. 1. Случаи возникновения погрешности Δu :

a - датчик смонтирован параллельно вертикальной оси, емкость в наклоненном состоянии;

б - датчик смонтирован не параллельно вертикальной оси емкости, емкость не наклонена

Таким образом, измерение систем измерения уровня и расхода топлива первого уровня в составе автоматических систем контроля параметров ТС является наиболее экономичный путем решения задачи контроля фактического расхода топлива ТС в условиях эксплуатации, но чтобы использовать данную систему для измерений и вычислений, необходимо внести ряд поправок для устранения одной ключевой проблемы – погрешности ориентации датчика в баке.

Библиографический список

1. **Кузьмин, Н.А.** Теория эксплуатационных свойств автомобилей: учеб. пособие / Н.А. Кузьмин, В.И. Песков. – М.: Форум: ИНФРА-М, 2013. – 256 с.
2. **Литвиненко, В.В.** Автомобильные датчики, реле и переключатели: краткий справочник / В.В. Литвиненко, А.П. Майструк. –М. : За рулем, 2004. -176 с.
3. **Соснин, Д.А.** Новейшие автомобильные электронные системы / Д.А. Соснин, В.Ф. Яковлев. –М. : СОЛОН– Пресс, 2005. -240 с.
4. **Иванов, В.Н.** Экономия топлива на автомобильном транспорте / В.Н. Иванов, В.И. Ерохов. –М. : Транспорт, 1984.– 301с.

УДК 519.854.2

УЛЬЯНОВ К.С., ФЕДОСЕНКО Ю.С.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ДВУХСТАДИЙНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПОТОКА ОБЪЕКТОВ

Волжский государственный университет водного транспорта

Исследуется проблема распределения между исполнителями формируемых пар взаимозаменяемых работ. В качестве примера кратко опишем функционирование типового речного производственно-транспортного комплекса.

Группа разнотипных грузовых судов осуществляет перевозку в пункты потребления песчано-гравийной смеси (ПГС), загружаемой высокопроизводительным плавучим добычным снарядом (ЗС) на русловом месторождении [1].

В процессе очередного сеанса оперативного планирования работы флота должно быть определено:

- в каком порядке следует подавать к ЗС поступившие под погрузку ПГС суда группы;
- в какой пункт потребления ПГС следует направить каждое конкретное судно после его загрузки с целью минимизации суммарных издержек по всем судам группы.

Для регулярного формирования оперативных планов с учетом складывающейся эксплуатационной обстановки актуальной является задача создания специализированной цифровой платформы, включающей в себя:

- модуль формализованного моделирования технологического процесса,
- алгоритм и программный комплекс решения в оперативном режиме соответствующим образом поставленной экстремальной задачи синтеза расписания подачи судов под погрузку ПГС и последующего их распределения по пунктам потребления.

В докладе приводится:

- разработанная авторами в рамках дискретного формализма [2, 3] математическая модель производственно-транспортного процесса рассматриваемого типа;
- постановка оптимизационной задачи синтеза расписания подачи судов под погрузку ПГС и последующего их распределения по пунктам потребления;
- алгоритмы синтеза решения поставленной оптимизационной задачи на основе концепций динамического программирования и ветвей и границ;
- примеры численной реализации алгоритмов.

В качестве развития сформулированной модели в докладе обсуждаются ее представляющие практический интерес модификации, учитывающие, в том числе, директивные сроки, накопленные за предшествующий период индивидуальные издержки, а также особенности использования для перевозок ПГС речных составов с закрепленной и незакрепленной тягой [4, 5].

Исследования выполнены при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 15-07-03141.

Библиографический список

1. **Бессонов, Е.А.** Энциклопедия гидромеханизированных работ / Е.А. Бессонов. – М.: 1989. – 520 с.
2. **Зак, Ю.А.** Прикладные задачи теории расписаний и маршрутизации перевозок / Ю.А. Зак. – М.: Книжный дом «Либроком», 2012. – 394 с.
3. **Танаев, В.С.** Теория расписаний. Многостадийные системы / В.С. Танаев, Ю.Н. Сотсков, В.А. Струсович. – М.: Наука, 1989. – 328 с.
4. Справочник по серийным транспортным судам. – М.: Транспорт, 1975. – Т. 4. – 179 с.
5. **Коган, Д.И.** Модели и оптимизационные задачи однопроцессорного обслуживания пакетов объектов / Д.И. Коган [и др.] // Автоматика и телемеханика. – 2016. – №11. – С. 142-157.

УДК 519.854.2

ХАНДУРИН Д.К., ФЕДОСЕНКО Ю.С.

ПОСТАНОВКИ И СХЕМЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ДОФОРМИРОВАНИЯ СОСТАВОВ ТРАНСПОРТНОГО ТИПА

Волжский государственный университет водного транспорта

Рассматриваются постановки и вычислительные схемы решения задач оптимального доформирования составов транспортного типа (далее составов) путем присоединения к ним отдельных самоходных транспортных средств. Такого типа задачи рассматривались в связи с созданием цифровых систем поддержки оперативного планирования для диспетчерских служб транспортных предприятий. В зависимости от вида транспорта в качестве самоходных транспортных средств могут выступать баржи и лихтеры, вагоны, прицепные транспортные единицы. Такие самоходные транспортные средства будем именовать секциями.

Пусть в узле U некоторой транспортной сети технически возможно доформирование преследующих через него составов $1, 2, \dots, n$, и в этом узле находится совокупность $R = \{r_1, r_2, \dots, r_n\}$ подлежащих отправке секций путем присоединения к проходящим составам. При этом полагается: 1) за каждым составом можно закрепить не более одной секции; 2)

известна матрица $S = \{s_{ij}\}$ расстояний от ближайшего к пункту назначения секции r_j сортировочного узла, входящего в маршрут следования состава i , $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, n}$.

В докладе ставятся и предлагаются конструктивные схемы решения следующих задач, отвечающих типовым эксплуатационным ситуациям.

Задача 1. Найти вариант закрепления секций за проследующими через узел U составами, при котором число отправленных секций максимально.

Для решения задачи 1 введем в рассмотрение $(n \times n)$ -мерную матрицу $E = \{e_{ij}\}$, в которой $e_{ij} = 1$ при $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, n}$ тогда и только тогда, когда $s_{ij} = 0$; в противном случае $e_{ij} = 0$. Построив оптимальное в стандартной задаче от назначений с матрицей E назначение π^* , находим максимальную по числу отправляемых секций схему закрепления: секция $r_{\pi^*(i)}$ закрепляется за составом i в том и только в том случае, если $e_{i\pi^*(i)} = 1$. В ситуации $e_{i\pi^*(i)} = 0$, $i = 1, 2, \dots, n$ никакая из секций множества R за составом i не закрепляется.

Задача 2. За проследующими через сортировочный узел U составами $1, 2, \dots, n$ требуется закрепить все секции совокупности R таким образом, чтобы суммарная длина расстояний от пунктов их открепления до пунктов назначения оказалась минимально возможной. Очевидно, что решив задачу о назначениях с критерием вида $\min_{\pi} \sum_{i \in \pi(i)} s_{i\pi(i)}$, построим взаимно однозначное закрепление секций за составами, при котором сумма расстояний от пунктов открепления секций до пунктов их назначения оказывается минимальной.

Задача 3. За составами $1, 2, \dots, n$ следует закрепить все секции совокупности R таким образом, чтобы максимальное из расстояний от пункта открепления каждой секции до пункта его назначения оказалось минимально возможным. Решив минимаксную задачу о назначениях с критерием (3) вида $\min_{\pi} \max_i \sum_{i=1}^n s_{i\pi(i)}$, определим взаимно однозначное закрепление секций за составами, при котором максимальное из расстояний от пункта отсоединения каждой секции до пункта ее назначения оказывается минимально возможным.

Исследования выполнены при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 15-07-03141.

УДК 629.113

ХОЗЕРОВ В.С., КУЛАГИН А.Л

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОЙ ПЛАТФОРМЫ ГОНОЧНОГО БОЛИДА КЛАССА FORMULASTUDENT

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Одной из важнейших частей современного гоночного болида, помимо подвески, рулевого управления, каркаса безопасности, тормозной системы, является и электронная система управления. Входящие в данную группу элементы должны отвечать высоким требованиям безопасности, эксплуатационной надежности и стойкости к воздействиям окружающей среды.

В процессе решения задач по созданию системы управления двигателем внутреннего сгорания, коробкой передач, выводу информации водителю инженерами СКБ «Формула Студент» НГТУ им. Р. Е. Алексеева была разработана модульная электронная платформа.

Для управления двигателем внутреннего сгорания мотоцикла Honda CBR 600 RR используется электронный блок управления Frankenso (рис. 1), работающий на базе микроконтроллера STM 32 (компании RusEFILLC). Одна из особенностей данной системы - это открытый исходный код и общедоступные варианты схем плат расширения. Ввиду этого

имеется возможность совершенствования блока управления под конкретные задачи по управлению системными элементами двигателя или трансмиссии. Поддержка шины CAN и возможность управления электронной дроссельной заслонкой позволяют использовать данный ЭБУ даже в беспилотных транспортных средствах.



Рис. 1. ЭБУ Frankenso



Рис. 2. ЭБУ трансмиссии спортивного автомобиля класса FORMULA STUDENT

Важным параметром в гоночных автомобилях с механической коробкой передач является скорость переключения и точность выбора самого момента переключения. Для минимизации ошибок в данном процессе было решено использовать мехатронную систему управления трансмиссией собственной разработки на базе микроконтроллера ArduinoMega 2560 (рис.2).

Разрабатываемая система способна работать не только в автономном режиме, но и в режиме электронного помощника, выводя на экран приборной панели рекомендации по переключению передачи. На данном этапе разработок команде удалось при помощи мехатронных систем выключить сцепление, сменить передачу и включить сцепление за 0,94 с. Точный контроль положения дисков сцепления позволяет вести программно реализованный пропорционально-интегрально дифференциальный регулятор.

Созданные системы управления, объединенные в шину данных, поддерживающую стандарт Controller Area Network, становятся частью легко модифицируемой и легко дополняемой электронной платформы, что в будущем сильно упростит разработку прототипов транспортных средств, в том числе и на беспилотном управлении.

УДК 629.113

ХОЗЕРОВ В.С., КУЛАГИН А.Л.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА РАЗРАБОТКИ МОДУЛЬНЫХ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ СПОРТИВНОГО АВТОМОБИЛЯ КЛАССА FORMULA STUDENT

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В процессе проектировании спортивного автомобиля ключевой задачей является компоновка деталей и узлов систем. При использовании OEM-деталей как отдельных элементов транспортного средства особое внимание необходимо уделять их реверс-инжинирингу для создания точных трехмерных моделей, необходимых для их компоновки относительно других самостоятельно спроектированных узлов. Для реверс-инжиниринга сложных объектов, таких как силовой блок, целесообразнее всего применять 3D-сканирование и последующую обработку данных на основе инструментов обратной разработки.

При проектировании мехатронной системы трансмиссии на основе актуаторов, датчиков положений, представляющих из себя OEM-детали, и переходных крепежных пластин, спроектированных и изготовленных на производственной базе СКБ «Формула Студент», было проведено 3D-сканирование электромотора постоянного тока и силового блока мотоцикла HondaCBR 600 RR (рис. 1).

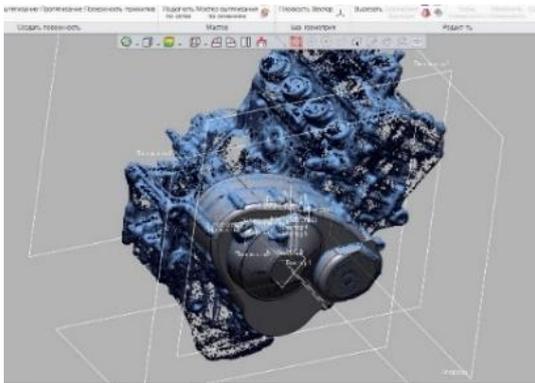


Рис. 1. Процесс реверс-инжиниринга силового блока мотоцикла Honda CBR 600 RR

В результате получены 3D-модели данных узлов, реализовано их взаимное расположение в общей модели проектируемого автомобиля. Далее была произведена разработка, прототипирование, сборка и испытания крепежных элементов: планшайбы крепления актуатора выжима сцепления, поддерживающего элемента актуатора выжима сцепления, крепления датчика положения рычага сцепления (рис. 2), планшайбы крепления актуатора переключения передач, поддерживающего элемента актуатора переключения передач, крепления датчика переключения передач (рис. 3).

Опыт проведения разработки и оптимизации конструкции с применением современных технологий реверс-инжиниринга показывает эффективность используемого метода, позволяющего в короткие сроки создавать решения, соответствующие техническому заданию. Высокая точность полученных моделей позволяет уменьшить количество промежуточных прототипов, обеспечивая низкие ресурсные затраты на производство полнофункциональных образцов мехатронной системы спортивного автомобиля класса Formula Student.



Рис. 2. Мехатронная система переключения скоростей

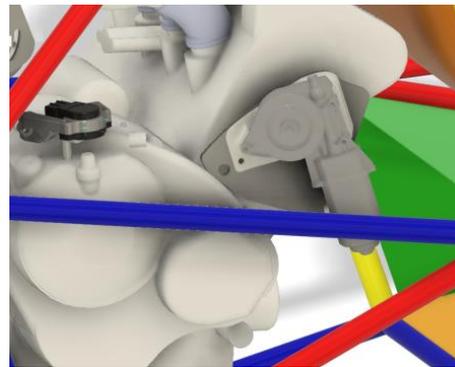


Рис. 3. Мехатронная система выжима сцепления

УДК 629.331

ЯРЕМЕНКО А.И., КОРЧАЖКИН М.Г., БЕЛЯНИНА Е. Н, КУЗЬМИНА Е. А.,
КОРЯКОВЦЕВА А. А., КОНОВАЛОВА Е. С.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПУТЕЙ РАЗВИТИЯ СИДЕНИЙ АВТОТРАНСПОРТА

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Современные автокресла должны соответствовать требованиям безопасности российского законодательства.

Автомобильное сиденье должно обеспечивать:

- правильное рассредоточение давлений на участки тела;
- защиту человека от вибраций и других воздействий;
- передачу телу водителя необходимых динамических воздействий, чтобы он мог «чувствовать» автомобиль;
- стабилизацию тела в определенном положении, несмотря на динамические воздействия, прежде всего горизонтальные;

Ткань обивки сиденья должна быть:

- паропроницаемой;
- терморегуляционной;
- легко очищающейся;
- износостойчивой;
- не изнашивающей одежду.

Комфортное положение водителя и пассажира обеспечивается размерными параметрами сиденья, формой и пружинистостью подушек сиденья и спинки. Большая весовая нагрузка сидящего человека распределяется по сидалищным буграм. В зависимости от наклона подушки сиденья и ее формы, таз человека может занимать различное положение, как это показано на рис. 1. Расположение таза пассажира при плоском сиденье продемонстрировано на рис. 1, а. При этом вес в верхней части туловища создает вращательный момент, влияющий на таз, вследствие чего таз сползает вперед, а туловище противоестественно выгибается.

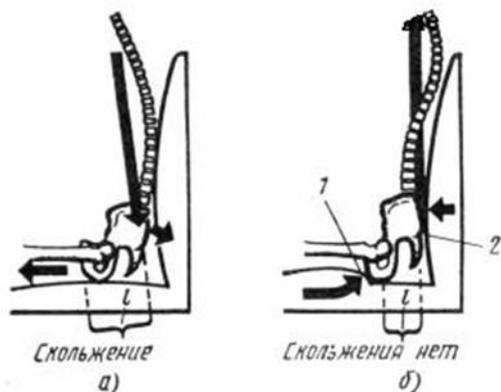


Рис.1. Влияние профиля сиденья на положение позвоночника:

а – при плоском сиденье; б – при сиденье с опорным валиком; 1 – опорный валик; 2 – опора в зоне поясницы

Для предотвращения подобного используется опорный валик 1 на сиденье, рис. 2, б. Опора 2 в зоне поясницы позволяет сохранять естественное положение туловища.

Когда человек непроизвольно ощущает давление на различных участках своей кожи, этот эффект принято называть тактильной чувствительностью. Очень важно при расположении на видении автомобиля занимать правильное положение. Основная вертикальная нагрузка должна приходиться на сидалищные бугры или располагаться слегка впереди них. Примерно допустимое давление в этой зоне может составлять около 7 кПа.

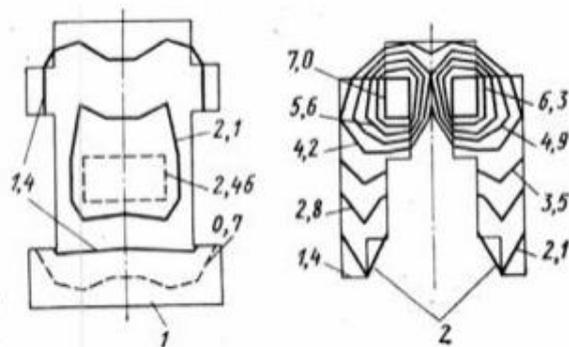


Рис. 2. Эпюра положительного распределения давлений (в кПа) на сиденья:

1 – спинка; 2 – подушка

Во избежание бокового смещения корпуса пассажира на сидении используются боковые валики, которые не увеличивают давления на внешние стороны бедер, а также с данной целью спинка сиденья выполняется вогнутой формой.

Демпфирование колебаний – это способность сиденья изолировать человека от динамических и вибрационных процессов. Человек, сидящий на упругом сиденье, представляет собой колебательную систему. Если эта система имеет определенную частоту колебаний, близкую к частоте колебаний подрессоренной массы транспортного средства, то появляется резонанс. Человек, сидящий на сидении, начинает «подскакивать». Во избежание подобного эффекта следует увеличить демпфирование колебательной системы. Такое свойство получа-

ется достигнуть путем увеличения жесткости сидения с возрастанием сжимающей силы. Примерное допустимое значение величины деформации подушки сидения от веса человека для мягких – 80 мм, для жестких – 45 мм.

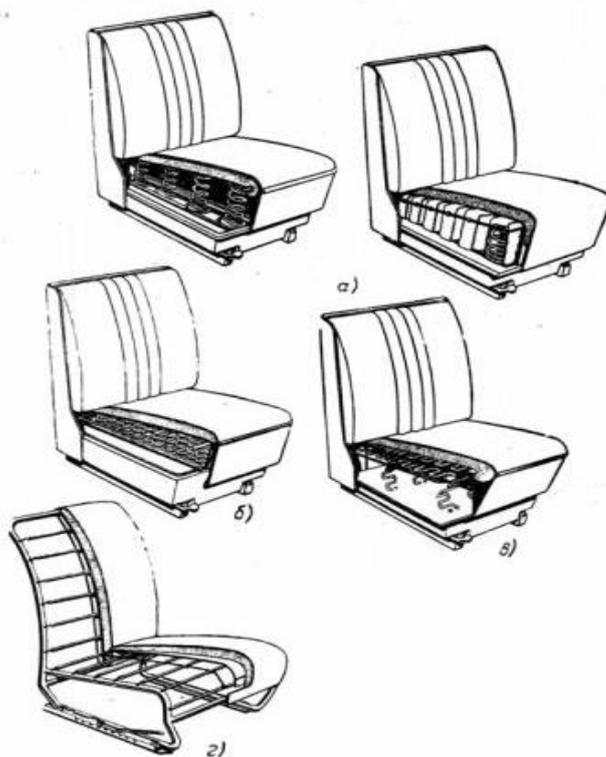


Рис. 3. Сиденья с металлическими упругими элементами:
a – цилиндрические пружины сжатия; *б* – пружины непрерывного плетения;
в – змейковые пружины; *г* – горизонтальные пружин растяжения

В зависимости от того, какой вид упругого элемента использован и от общей конструкции автомобильных сидений, различаются и их упругодемпфирующие характеристики. На рис. 3 изображены сиденья, упругие элементы которых металлические. На рисунке видно, что система из стальных пружин, вне зависимости от их вида, сверху укрыта мягким материалом, а следом обивкой. При грамотном конструктивном решении пружины из стальной проволоки разных конструкций обеспечивают достаточные упругие свойства, однако демпфирование иногда получается недостаточным. Для того чтобы повысить демпфирующие свойства сиденья, часто применяют такую технологию, как заключение каждой из витых пружин в отдельный чехол из ткани. Такая технология работает хорошо, но стоит дорого, поскольку это возможно сделать только вручную.

Также в качестве упругих элементов сидений часто могут применяться вспененные синтетические материалы. На рис. 4 показаны примеры таких конструкций. Необходимые характеристики упругости сиденья обеспечиваются за счет воздушных полостей, расположенных в массиве сиденья (рис. 4, *a*). На рис. 4, *б* показано сиденье с резиновыми (чаще резинотканевыми) лентами, выполняющими функцию основного упругого элемента. Такие сиденья имеют похожие свойства, как и сиденья со стальными пружинами, но работа мягкой прослойки, расположенной над ними, облегчается за счет того, что лента шире пружины. На рис. 4, *в* изображена конструкция сиденья с жестким формованным основанием под подушкой, которое без труда обеспечивает нужную форму подушки. Это основание чаще всего выполняется штамповкой из стального листа, при этом защита от вибраций такого сиденья ограничена. В городских автобусах часто используются сиденья, изображенные на рис. 4, *г*. Так же применяются жесткие сиденья, зачастую отформованные заодно со спинкой.



Рис. 4. Сиденья с неметаллическими упругими элементами:
а – с подушкой из вспененной резины или полиуретана; *б* – с резиновыми лентами;
в – с подушкой на жестком основании; *г* – жесткое сиденье

Важную роль в обеспечении пассивной безопасности играют подголовники, которыми обязательно должны снабжаться сиденья. Эти требования описаны в стандарте ГОСТ 2430990 (Правило ЕЭК ООН № 25). При измерении под углом 25 градусов высота подголовника над точкой Н должна составлять минимум 700 мм, а его ширина не должна превышать 170 мм. Также подголовник не должен смещаться более чем на 102 мм под воздействием статической нагрузки 890 Н. Помимо всего прочего к подголовникам предъявляются определенные требования по свойствам энергопоглощения.

Библиографический список

1. **Кузьмин, Н.А.** Теоретические основы обеспечения работоспособности автомобилей: учеб. пособие / Н.А. Кузьмин. – М.: Форум; ИНФРАМ, 2014. – 272 с.
2. **Кузьмин, Н.А.** Теория эксплуатационных свойств автомобилей: учеб. пособие / Н.А. Кузьмин, В.И. Песков. – М.: ФОРУМ: ИНФРАМ, 2013. – 256 с.
3. **Корчажкин, М.Г.** Совершенствование нормативов технической эксплуатации городских автобусов / М.Г. Корчажкин, Н.А. Кузьмин, А.Д. Кустиков // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2012, №4 (97). – С. 168174.
4. **Степанов, И. С.** Автомобиль и тракторы. Основы эргономики и дизайна: учебник для студентов вузов/И.С Степанов, А.Н. Евграфов, А.Л. Карунин, В.В. Ломакин; под общ. ред. В.М. Шарипова. – М. : МГТУ «МАМИ», 2002-230 с.

Автотракторные двигатели внутреннего сгорания

УДК 621.43

ГЛУШКОВ М.Н.

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА МНОГОКОМПОНЕНТНОГО БИОТОПЛИВА

Вятский государственный университет

Многочисленными исследованиями было доказано, что наиболее перспективно использование жидких альтернативных источников энергии [1]. А именно, к видам топлив, которые получают из возобновляемых ресурсов растительного происхождения – биотопливам, проявляется повышенный интерес. Сырьевые запасы источников производства практически не ограничены, а цены соизмеримы с ценами на нефтяные энергоносители.

Известно, что слабая испаряемость, сравнительно высокая плотность и вязкость характерны дизельным топливам (ДТ), но также данные свойства близки и биотопливам. Поэтому использование альтернативных топлив растительного происхождения возможно в дизельных двигателях.

Так как есть и отличительные свойства, а дизель был адаптирован к работе только на ДТ, то возникает и ряд проблем с организацией рабочих процессов – сгорания, топливоподачи, смесеобразования, распыливания топлива. Вследствие чего возможны нарушения разных показателей. Следовательно, необходима адаптация дизелей к работе на этих видах горючих. При совместном использовании альтернативных топлив с ДТ привлекают два момента: не нужно вносить изменений в дизель и топливную аппаратуру; всегда можно вернуться к 100%-ному использованию дизеля [2].

Одним из эффективных способов решения является использование многокомпонентного биотоплива. Что поможет компенсировать недостатки одного компонента другим и приблизить их свойства к свойствам нефтяного ДТ.

Для большей адекватности нашей топливной композиции, в которую входит ДТ, этанол и рапсовое масло, требуется оптимизация состава. Но при этом обязательно следует учитывать фактическое ранжирование режимов работы дизеля в условиях эксплуатации. Ранжирование режимов дизеля зависит от условий эксплуатации транспортного средства, но ключевое влияние оказывает характер выполняемых работ. В исследовании свойств композиции плодотворным является применение методики планирования эксперимента. В результате математических исследований будет значительно сокращено количество опытов.

Вследствие этого основной целью данной работы является улучшение эксплуатационных показателей дизеля путем оптимизации состава многокомпонентного биотоплива.

Для достижения данной цели поставлены следующие задачи исследований:

1. Определить оптимальный состав топливной композиции.
2. Провести математические исследования.
3. Провести сравнительные испытания топливоподающей аппаратуры на ДТ и топливной композиции.
4. Провести испытания дизеля на стенде и в полевых условиях в составе транспортного средства.

Библиографический список

1. **Плотников, С.А.** Улучшение эксплуатационных показателей дизелей путем создания новых альтернативных топлив и совершенствования топливоподающей аппаратуры : автореф. дисс.... докт. техн. наук / Плотников С.А. – Н-Новгород, 2011.
2. **Карташевич, А.Н.** Альтернативные виды топлива для двигателей / А.Н. Карташевич [и др.]. – Горки : БГСХА, 2012. - 376 с.

УДК 621.43.057

ЗУБАКИН А.С., ПЛОТНИКОВ С.А.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЯ НА СМЕСИ ГЕНЕРАТОРНОГО ГАЗА И БЕНЗИНА

Вятский государственный университет

Для компенсации падения мощности двигателя при работе на генераторном газе, необходимо увеличить наполнение цилиндра топливом (например, с помощью компрессора) или заменить часть топлива более энергоемким, таким как, например, бензин [1, с.175]. Если рассматривать замену части бензина генераторным газом, то происходит уменьшение эффективной мощности двигателя N_e по причине уменьшения доли бензина и воздуха поступающего в цилиндр двигателя, при этом развиваемая мощность N_e ниже на долю замещаемого газа по объему, так как часть объема бензовоздушной смеси будет заменена газом. Если же генераторный газ частично заменять бензином, то будет происходить увеличение развиваемой мощности двигателя N_e [2, с.194].

Для генераторного газа предел объемного соотношения с воздухом составляет от 0,95 до 1,23. Для бензина стехиометрическое число равно 14,6 по массе, т.е. для полного сгорания бензина необходимо 14,6 кг воздуха. Для сравнения бензина и генераторного газа, как топлива, необходимо газообразное топливо и жидкое подвести под общий знаменатель, а также перевести их в одинаковые единицы. Представив это в виде выражения, можно определить снижение развиваемой мощности при замене части бензина генераторным газом с учетом колебаний объема топлива от изменения температуры, давления, а также размер молекул топлив:

$$N_{e_{\text{ГАЗ+БЕНЗИН}}} = N_{e_{\text{БЕНЗИН}}} \cdot (1 - m \cdot \alpha_v / 100) \cdot f(m; T_T; p_e),$$

где m – массовая доля компонента; α_v – коэффициент объемной стехиометрии генераторного газа; $f(m; T_T; p_e)$ – функция влияния состава топлива на рабочий процесс.

Подача бензина и газа может быть синхронизирована по времени и углу положения коленчатого вала, иметь постоянное, или переменное фазовое смещение в зависимости от параметров рабочего процесса, нагрузки внешних условий [3, с.115].

При работе двигателя на генераторном газе или смеси бензина и генераторного газа можно достичь следующих целей:

- заменить полностью или частично бензин более дешевым и доступным топливом, что позволит снизить стоимость производимой ДВС работы;
- снизить токсичность ОГ.

При частичной замене генераторного газа бензином можно добиться следующих целей:

- частично компенсировать неизбежное падение мощности двигателя при работе на генераторном газе;
- компенсировать количество провалов мощности при переходных режимах;
- добиться стабильной работы ДВС в режиме холостого хода;
- обеспечить уверенный запуск при отрицательных температурах.

Библиографический список

1. **Плотников, С.А.** Исследование рабочего процесса двигателя 1Ч 6,8/5,4 при работе с добавками генераторного газа / С.А. Плотников, А.С. Зубакин //Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. Нижний Новгород. 2017. - № 3 (118). – С. 175-181.
2. **Плотников, С.А.** О некоторых особенностях работы двигателя на генераторном газе / С.А. Плотников [и др.] // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2019. № 2 (125). С. 192-196.
3. **Марков, В. А.** Газопоршневые энергоустановки, работающие на генераторном газе // Автогазозаправочный комплекс + Альтернативное Топливо. 2018.- Т. 17 , № 3 .- С. 108 – 120.

УДК 621.432.2

КОЗЛОВ И.С., ПЛОТНИКОВ С.А., СМОЛЬНИКОВ М.В.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО УСТАНОВОЧНОГО УГЛА ОПЕРЕЖЕНИЯ ВПРЫСКИВАНИЯ ТОПЛИВА ПРИ РАБОТЕ ДИЗЕЛЯ 4ЧН 11,0/12,5 С ПРЕДЕЛЬНОЙ КОНЦЕНТРАЦИЕЙ РАПСОВОГО МАСЛА

Вятский государственный университет

В последние годы во всех странах проявляется повышенный интерес к топливам, получаемым из возобновляемых энергетических ресурсов растительного происхождения. В первую очередь – это альтернативные топлива, производимые из растительных масел. Цена этих топлив соизмерима с ценой топлив нефтяного происхождения, а в ряде случаев – даже ниже цен на традиционные моторные топлива.

По своим физико-химическим свойствам биологические виды топлива на основе рапсового масла (РМ) ближе к дизельным топливам (ДТ), чем к бензинам: они имеют сравнительно высокие показатели плотности и вязкости, плохую испаряемость. Поэтому их использование возможно лишь в дизелях, отличающихся меньшей чувствительностью к свойствам применяемого топлива.

В ВятГУ уже продолжительное время ведутся разработки и исследования новых составов топлив. Одним из таких является состав 45% ДТ и 55% РМ. Исследования включают в себя несколько этапов: теоретический и экспериментальный [1].

Результаты экспериментальных исследований позволяют сделать следующие выводы:

- проблема повышенной вязкости состава топлива с РМ может быть решена несколькими способами: использованием присадки целенаправленного действия (DIFRON H372) или путем модернизации топливной системы двигателя с добавлением подогревателя[3];

- при добавлении предельного содержания рапсового масла до 55% в дизельное топливо цикловая подача ТНВД изменяется незначительно в сторону увеличения;

- для использования в качестве альтернативного топлива состава с РМ необходима регулировка ТНВД [2].

При работе на чистом ДТ оптимальным углом опережения впрыскивания топлива для исследуемого ТНВД марки 773.1111005 является $\Theta_{впр}=18^\circ$. Уменьшение или увеличение установочного угла от этого значения вызывает снижение эффективной мощности и повышение удельного эффективного расхода топлива.

При работе дизеля на топливном составе с РМ и присадками целенаправленного действия характер изменения кривых изменяется. Так, максимальные значения эффективной мощности достигаются при больших значениях $\Theta_{впр}$. Например, при работе дизеля на составе с содержанием 55% РМ, максимальные значения эффективной мощности и крутящего момента достигаются при $\Theta_{впр}= 22^\circ$.

Библиографический список

1. **Карташевич, А.Н.** Исследование свойств альтернативных топлив на основе рапсового масла / А.Н. Карташевич, С.А. Плотников, П.Н. Черемисинов // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии, 2017. - № 3. - С. 144-146.
2. **Марков, В.А.** Топлива и топливоподача многотопливных и газодизельных двигателей / В.А. Марков, С.И. Козлов. – М.: МГТУ, 2000. – 296 с.
3. **Плотников, С.А.** Недостатки применения топлив на основе рапсового масла в дизельных двигателях / С.А. Плотников, П.Н. Черемисинов // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика: сб. науч. тр. по мат. заоч. науч.-практ. конф. – Воронеж: ООО ИПЦ «Научная книга», 2015. - № 4. - Ч. 1 (15-1) – С. 97-101.

УДК 621.432.2

КОЗЛОВ И.С., ПЛОТНИКОВ С.А., СМОЛЬНИКОВ М.В.

ВЛИЯНИЕ УСТАНОВОЧНОГО УГЛА ОПЕРЕЖЕНИЯ ВПРЫСКИВАНИЯ ТОПЛИВА НА ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДИЗЕЛЯ ПРИ РАБОТЕ С ДОБАВКОЙ ПРЕДЕЛЬНОГО СОСТАВА РАПСОВОГО МАСЛА

Вятский государственный университет

Снижение доли транспорта в загрязнении окружающей среды является одним из главных государственных приоритетов, определенных Транспортной стратегией Российской Федерации до 2030 года, утвержденной Распоряжением Правительства РФ № 1734-р от 22.11.2008 г. Для снижения негативного воздействия транспорта на окружающую среду предполагается выработка и ввод в действие механизмов государственного регулирования, обеспечивающих мотивацию перевода транспортных средств на экологически чистые виды топлива.

Достижение поставленных целей и задач Правительством РФ можно выполнить разными способами:

- разработкой и внедрением конструкций дожигания отработавших газов при работе двигателя на уже существующих традиционных топливах;
- созданием и применением альтернативных топлив (АТ) с приближенными моторными свойствами к традиционным топливам.

В Вятском государственном университете (ВятГУ) в сотрудничестве с Белорусской государственной сельскохозяйственной академией (БГСХА) длительное время проводятся исследования работы автотракторных дизелей на дизельном топливе (ДТ) с добавками РМ до 55% [1...3]. Сопутствующим направлением работы является изучение концентрации токсичных и вредных веществ в отработавших газах (ОГ) при работе дизеля.

Результаты экспериментальных исследований позволяют сделать следующие выводы:

1. Состав топлива на основе ДТ с содержанием РМ 55% экологически безопасный как при производстве, транспортировке, хранении и заправке, так и при сгорании в двигателях. Это один из самых положительных эффектов применения данного состава в качестве топлива.

2. При работе дизеля на составе РМ с содержанием 55% происходит увеличение концентрации ОГ дизеля оксидов углерода СО в 2,0 раза, диоксидов углерода СО₂ на 3,5 %, суммарных оксидов азота NO_x на 14 % и частиц сажи на 29 %. Исходя из этого целесообразно применять устройства дожигания отработавших газов.

3. Имеет место снижение эмиссии несгоревших полициклических углеводородов C_xH_y в ОГ дизеля на 25%.

Библиографический список

1. **Карташевич, А.Н.** Оптимизация параметров топливоподачи тракторного дизеля для работы на рапсовом масле / А.Н. Карташевич, В.С. Товетька, С.А. Плотников // Тракторы и сельхозмашины, 2011. - № 3. – С. 13-16.
2. **Плотников, С.А.** Исследование экономической эффективности от снижения токсичности дизеля 4ЧН 11,0/12,5 путем применения рапсового масла / С.А. Плотников [и др.] //Труды НГТУ им. Р.Е.Алексеева. 2019. - № 1 (124). – С. 204-209.
3. **Марков, В.А.** Топлива и топливоподача многотопливных и газодизельных двигателей / В.А. Марков, С.И. Козлов. – М.: МГТУ, 2000. – 296 с.

УДК 621.43.057

МОТОВИЛОВА М.В., ПЛОТНИКОВ С.А.

ВЛИЯНИЕ АКТИВИРОВАННОГО ТОПЛИВА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ВПРЫСКИВАНИЯ

Вятский государственный университет

Двигатель внутреннего сгорания является массовым источником энергии для транспортных средств. К основным требованиям, предъявляемым к ДВС, можно отнести: эффективность функционирования в составе трактора, высокие эксплуатационные показатели, а также минимальное отрицательное воздействие на человека и окружающую среду. Данная проблема решается за счет совершенствования конструкции двигателя, повышения качества применяемых эксплуатационных материалов и улучшения рабочего процесса дизельного двигателя. На протяжении десятилетий ведутся исследования по улучшению рабочего процесса дизеля [1]. В ФГБОУ ВО «ВятГУ» так же проводятся исследования по данному направлению [2,3].

Топливу, движущемуся в топливопроводе высокого давления, подводится тепло непосредственно перед форсункой. При данном воздействии снижается его поверхностное натяжение и вязкость. На первом этапе были проведены экспериментальные исследования топливоподающей аппаратуры на активированном топливе. По результатам исследований топливной форсунки при работе на активированном топливе можно сделать вывод о работоспособности и соответствии техническим требованиям ГОСТ 10579-2017 [5]. Топливная форсунка удовлетворяет основным параметрам при работе на активированном топливе [4]. Испытания форсунки проводилось на стенде М107-СР, предназначенном для испытания и регулировки форсунок автотракторных дизельных двигателей. Измерения на стенде М-107-СР производились по стрелочному манометру [4].

При подаче активированного топлива в форсунку, распыливание происходит на более мелкие фракции. Перемешивание топлива и поступающего воздуха становится интенсивнее. Топливоздушная смесь быстро нагревается и воспламеняется, за счет высокого коэффициента теплопередачи, а также меньшей разницы температуры между топливом и окружающим его воздухом. Характеристики впрыскивания активированного топлива меняются. При этом струя топлива расширяется в направлении движения. Угол распыления становится больше. Изменяющиеся параметры топливного факела должны обеспечить полноценный процесс сгорания всего топлива.

В реальности топливный факел не имеет четкой геометрической формы. Для оценки характеристик впрыскивания топлива принято рассматривать факел в виде конуса с вершиной у соплового отверстия и с полусферой в основании. Схема распыливаемого топливного факела представлена на рис. 1. К основным геометрическим параметрам факела можно отнести длину топливной струи (глубину проникновения фронта факела), угол распыления (угол конусности) и объем охватываемого пространства.

Для определения длины топливной струи могут быть использованы зависимости, предложенные Дентом, М. Arai и М. Tabaia, которые позволяют определять длину факела, исходя из значений давления перед распылителем. По данным предложенным зависимостям, также можно рассчитать длину факела с учетом времени от начала впрыска топлива.

По результатам предварительных расчетов можно сделать вывод об изменении некоторых геометрических параметров топливного факела. Угол распыливания с увеличением температуры активированного топлива увеличивается. Так, при температуре активированного топлива до 300°С составляет не менее 40°, а длина топливного факела уменьшается до 25 мм.

Дальнейшие исследования предполагается вести в несколько этапов. На следующем этапе исследуются параметры работы двигателя на активированном топливе для оценки его основных показателей.

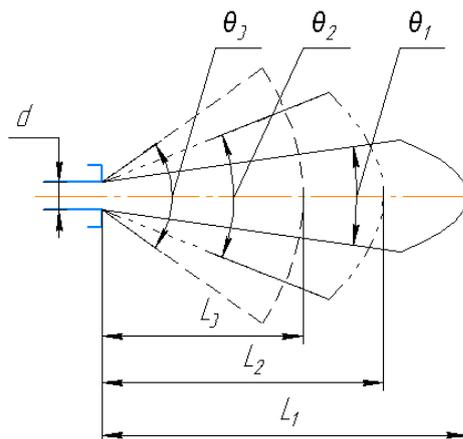


Рис. 1. Схема распространения топливного факела (L_1 и Θ_1 – длина топливной струи и угол распыливания неактивированного топлива; $L_{2(3)}$ и $\Theta_{2(3)}$ – длина топливной струи и угол распыливания активированного топлива при разных значениях температуры)

В процессе исследования целесообразно определить:

1. Эффективные показатели работы дизельного двигателя на активированном топливе.
2. Экологические показатели работы дизельного двигателя на активированном топливе.

При определении данных показателей и оценке параметров проводятся испытания двигателя в соответствии с действующими ГОСТами.

Выводы

1. Применение активированного топлива не оказывает заметного влияния на работоспособность форсунок и системы питания дизельного двигателя[4].
2. Геометрические параметры активированного топлива факела изменяются (угол распыливания составляет не менее 40°, длина факела уменьшается до 25 мм) [4]. Данные численные значения обеспечивают полный процесс сгорания топлива.
3. Оптимальный угол опережения впрыскивания при работе двигателя на активированном ДТ ($t=300^\circ$) составляет 22° до в.м.т.

Библиографический список

1. Ассад, М.С. Продукты сгорания жидких и газообразных топлив: образование, расчет, эксперимент / М.С. Ассад, О.Г. Пенязьков. – Минск: Беларусь. Наука, 2010.– 305 с.
2. Плотников, С. А. Исследование показателей работы дизеля с термофорсированием / С. А. Плотников, Ш. В. Бузиков, В. Ф. Атаманюк// Журнал Вестник Марийского государственного университета.–2015. – С. 39-43.
3. Плотников, С. А. Анализ процесса сгорания и тепловыделения тракторного дизеля с предварительной термической подготовкой топлива / С. А.Плотников, Ш. В. Бузиков, А. Л. Бирюков// Молочнохозяйственный вестник.– 2017.– №3 (27). – С. 114-124.

4. **Плотников, С.А.** Исследование работы дизельной ТПА на высокоактивированном топливе / С. А. Плотников, Ш. В. Бузиков, М. В. Мотовилова // Транспортные системы. НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2019. – С. 12-18.
5. ГОСТ 10579-2017 Форсунки дизелей технические требования и методы испытаний: утвержден Межгосударственным Советом по стандартизации, метрологии и сертификации 30.11.2017, Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии 12.07.2018 (412-ст); дата введения 2019-04-01. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200159854>

УДК 621.432.2

ПЛЯГО А.В.

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА ЭТАНОЛО-ТОПЛИВНОЙ ЭМУЛЬСИИ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ

Вятский государственный университет

Двигатель внутреннего сгорания на углеводородном топливе был и остается основным, используемым для наземного транспорта и сельскохозяйственных машин. Вопрос экологичности становится приоритетным при использовании данных двигателей. Использование каталитического нейтрализатора отработавших газов и ряд других мероприятий, улучшающих экологические показатели отработавших газов, в полной мере не может решить проблему экологии.

На данном этапе развития двигателестроения выход видится в использовании этано-ло-топливной эмульсии, как нового топлива с улучшенными экологическими показателями. Однако просто смешивая дизельное топливо (ДТ) и этанол, мы получим неустойчивую эмульсию с кратким сроком стабильности. Работа двигателя на такой эмульсии будет жесткой, что непременно скажется на долговечности двигателя в целом.

Исследователями накоплено значительное количество данных, сопровождающих применение этанола в виде добавки к нефтяному моторному дизельному топливу (ДТ). При этом основной акцент делается на создание все более новых, более высококонцентрированных составов топливных эмульсий [1-4]. Рассматривается применение все более разнообразных присадок. С учетом глубины проблемы, в первую очередь, необходимо рассматривать создание ЭТЭ с целым рядом необходимых свойств, что возможно только в случае применения комплексной присадки.

Из проделанной нами работы можно сделать следующие выводы:

1. С учетом современного наличия специальных присадок для спиртосодержащих топлив, объем замещаемого этанолом дизельного топлива в эмульсии следует ограничить на уровне 45...50%, масс. Необходима разработка комплексной присадки, учитывающей широкий спектр свойств дополнительного спиртового топлива.

2. Работа дизельной ТПА на спиртосодержащих топливах с повышенным (свыше 50%) содержанием этанола влечет за собой заметные изменения ее технологических показателей, что может существенно снизить надежность и долговечность дизеля.

3. Относительное улучшение эффективных и экологических показателей дизеля при его работе на топливах с ростом присутствия до 50% этанола (в массовых долях) постепенно снижается в сравнении с показателями, полученными при работе на топливе с меньшей его концентрацией.

4. Работа дизеля на топливах с содержанием этанола свыше 50...60% в массовых долях потребует реализации дополнительных мероприятий, что может нивелировать полученный положительный эффект.

Библиографический список

1. **Втюрина, М.Н.** Исследование свойств этанола-топливных эмульсий с присадками / М.Н. Втюрина, А.В. Пляго // Транспортные системы. 2017. №2(5). С. 51-54.
2. Пат. РФ № 2639634. Насос-дозатор смешанного топлива / С.А. Плотников, А.Н. Карташевич, А.В. Пляго, Козлов И.С., С.В. Мочалов от 14.03.2017
3. Пат. РФ № 2668225. Топливная эмульсия / С.А. Плотников, Е.А. Куимов, А.В. Пляго, А.Н. Карташевич, М.Н. Втюрина. МПК С10L 1/32. – 3 с., 1 табл.
4. **Карташевич, А.Н.** Исследование свойств новых топлив на основе этанола / А.Н. Карташевич, С.А. Плотников, М.В. Смольников //Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии, 2017. - № 1. - С. 114-117.

УДК 621.43.057

ШИПИН А. И., ПЛОТНИКОВ С. А.

ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОКОМПОНЕНТНОГО БИОТОПЛИВА В ДИЗЕЛЕ

Вятский государственный университет

Использование альтернативных топлив биологического происхождения в дизеле становится все более перспективным. При этом важно сохранить, а скорее улучшить эффективные и экологические показатели дизеля при его работе на таких топливах.

Вопрос применения многокомпонентных биотоплив изучается достаточно давно [1]. В ФГБОУ ВО «ВятГУ» так же проводятся исследования по данному направлению [2-4].

Целью исследований является экспериментальное определение регулировочных показателей дизельного двигателя Д-245.5S2 при его работе на многокомпонентном альтернативном топливе. Испытания дизеля осуществлялись в соответствии с ГОСТ 18509-88.

Исследования велись на чистом дизельном топливе и смеси этилового спирта (Э), рапсового масла (РМ) и дизельного топлива (ДТ) в процентных соотношениях 15%-15%-70% и 25%-25%-50%.

Во время проведения исследований снималась регулировочная характеристика для определения оптимального угла опережения впрыскивания (угол 22° до верхней мертвой точки (ВМТ)).



Рис.1. Пробы испытываемых топлив:

1– ДТ 100%; 2 – смесь 15% Э + 15% РМ + 70% ДТ; 3 - смесь 25% Э + 25% РМ + 50% ДТ

Опираясь на полученные экспериментальные данные в результате испытаний, были установлены зависимости регулировочных показателей дизеля при его работе на различных составах многокомпонентных биотоплив.

Также выявлены изменения токсичности и дымности отработавших газов при разных значениях установочного угла опережения впрыскивания топлива.

Библиографический список

1. **Александров, А.А.** Альтернативные топлива для двигателей внутреннего сгорания / А.А. Александров, В.А. Марков.– М. ООО НИЦ «Инженер». ООО «Онико-М», 2012. 719 с.
2. **Плотников, С.А.** Создание новых альтернативных топлив // Scientific-methodicalelectronicjournal «Concept». 2014. № S10. С. 26–30.
3. **Плотников, С.А.** Недостатки применения топлив на основе рапсового масла в дизельных двигателях / С.А.Плотников, П.Н. Черемисинов // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3. № 4. С. 97–101.
4. **Плотников, С.А.** Исследование показателей работы двигателя 1Ч 6,4/5,8 при работе с добавками генераторного газа / С.А. Плотников, А.С. Зубакин //Будущее технической науки: сб. мат. XVI Межд. молодежн. науч.-техн. конф.; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2017. - С. 399-400.

УДК 629

ДОРОФЕЕВ Р.А.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОДВЕСКИ АМФИБИЙНОГО АРКТИЧЕСКОГО РОТОРНО-ВИНТОВОГО ВЕЗДЕХОДНОГО СРЕДСТВА С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ИЗМЕНЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ ДВИЖИТЕЛЯ

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева

Моделирование РВД является трудоемкой задачей ввиду сложности природы объекта исследования. Дело в том, что шнеки, если говорить образно, это винты, лежащие на боку и ввинчивающиеся в подстилающую поверхность. При этом возникают две силы: сила движения вдоль оси шнека, возникающая от эффекта ввинчивания, и ей перпендикулярная сила как от колеса, вращающегося вокруг продольной оси.

Справа и слева шнеки имеют разнонаправленную навивку винтовой лопасти, для устранения ненужного бокового движения посредством вращения в разные стороны. Левый и правый шнеки создают силы, направленные в разные стороны, которые компенсируют друг друга. По этой причине резко снижается коэффициент полезного действия по сравнению с колесными и гусеничными движителями.

По этой причине в моделировании следует учитывать эффект «бокового смещения». При движении по кривой, когда скорости вращения шнеков не равны по модулю, часть силы бокового смещения не будет компенсирована, и ТС будет сносить в сторону.

Наклон передних шнеков требуется для лучшего преодоления препятствий. В случае горизонтальной, или почти горизонтальной, подстилающей поверхности, с выступающими препятствиями не выше полудиаметра шнека, или при нахождении РВМ в воде, передние шнеки находятся в горизонтальном положении.

Для преодоления выступающего препятствия, высота которого превышает радиус шнека, требуется повернуть шнек до такого уровня, чтобы его ось с переднего края шнека стала выше препятствия.

Из результатов моделирования видно, что балансир в закрытом сэндвич-конструктивном исполнении испытывает значительно меньшие деформации, а также в нем возникают меньшие напряжения по сравнению с балансирам рамной конструкции, при этом сэндвич-конструкция имеет значительно большую массу. Также стоит отметить, что сэндвич-конструкция балансира работает неравномерно, т.е. большая часть металла (массы) остается ненагруженной, а напряжения концентрируются в определенных областях.

Несмотря на большие возникающие напряжения и перемещения, рамная конструкция балансира воспринимает нагрузки более равномерно (работает большая часть/масса металла), поэтому данная конструкция является более рациональной с точки зрения применимости в качестве балансира для УБП РВМ, также рамная конструкция имеет больший потенциал для модернизации и оптимизации, чем замкнутая сэндвич-конструкция.

**ПОДХОД К ВОЗМОЖНОСТИ КОРРЕКТИРОВКИ ПЕРИОДИЧНОСТИ
ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ И ДОРОЖНОЙ
ТЕХНИКИ НА ОСНОВЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ЛАБОРАТОРНОГО
АНАЛИЗА ОТРАБОТАННОГО МАСЛА**

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева

Одним из перспективных путей повышения эффективности использования строительной и дорожной техники является снижение затрат на ее эксплуатацию. При этом наиболее перспективным направлением затрат является варьирование объема и частоты выполнения работ по техническому обслуживанию.

В настоящее время сложилась такая ситуация, что предприятие-изготовитель устанавливает график выполнения работ исходя из усредненных режимов работы машин. При этом, если техника работает в тяжелых условиях, рекомендуется снижать частоту работ по обслуживанию техники в два раза.

Понятно, что такой шаг изменения частоты технического обслуживания не имеет ничего общего с научно обоснованной методикой, а представляет собой способ юридической защиты предприятия – изготовителя от возможных претензий со стороны покупателя при выходе машин из строя, тем более, что понятия «тяжелые условия работы» не определяются ни каким техническим параметром.

Предлагается предложить в качестве параметра, регламентирующего частоту проведения технического обслуживания, применять запыленность воздуха рабочей зоны, а в качестве дополнительных параметров – контролировать изменение массы воздушного фильтра и изменение содержания кремния в отработанном моторном масле.

**ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫЙ ТРАВМАТИЗМ. ВРЕД,
ПРИЧИНЯЕМЫЙ ВО ВРЕМЯ ДТП**

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева

Развивающаяся дорожная сеть расширяет возможности людей, связанные с доступом к здравоохранению, образованию и трудоустройству. При этом более развитая дорожная сеть имеет некоторые негативные последствия, выражающиеся в росте количества дорожно-транспортных происшествий, а следовательно, и роста травматизма и смертности.

Большая часть ДТП происходит без пострадавших. Применительно к дорожно-транспортным происшествиям вредоносные воздействия направлены на повреждения транспортных средств, перевозимые ими грузы, личные вещи, принадлежащие пассажирам, водителям, пешеходам. Нередко в ДТП подлежат повреждению сооружения (объекты дорожной сети и инфраструктуры, дома, ограждения и прочее).

Наиболее тяжкие последствия имеют ДТП, происходящие на больших скоростях. Превышение скорости является причиной 30-50% ДТП со смертельным исходом, при увеличении скорости с 30 до 50 км/ч вероятность смерти пешехода при наезде возрастает в 8 раз. Тяжесть механической травмы характеризуется пятью основными показателями:

- 1) наличием повреждений жизненно важных органов и систем, в первую очередь тех из них, которые являются «воротами смерти» (сердце, органы дыхания, мозг);

- 2) объемом кровопотери;
- 3) видом травмы: единичная, множественная, сочетанная, закрытая, открытая, комбинированная;
- 4) локализацией травмы (голова, грудь, живот, таз, конечности);
- 5) числом пораженных органов [1].

Травма водителя и пассажира внутри салона автомобиля возможна при столкновении с другим транспортом или с неподвижными предметами, при опрокидывании и падении автомобиля с высоты, внезапном резком начале движения, столкновении автомобиля [2].

Моральный вред, который причиняется в результате ДТП, представляет нравственные, физические страдания от последствий аварии. Во время определения компенсации морального вреда исходят из следующих показателей [3]:

- 1) степень тяжести нравственных и физических страданий;
- 2) индивидуальные особенности потерпевших;
- 3) обстоятельства ДТП;
- 4) длительность, характер лечения и показания к посттравматической реабилитации;
- 5) степень вины, поведение виновника ДТП или пострадавшего;
- 6) иные обстоятельства.

Данная работа проведена при финансовой поддержке грантов Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых ученых - докторов наук МД-226.2020.8.

Библиографический список

1. **Матышев, А.А.** Распознавание основных видов автомобильной травмы. Медицина. Ленинградское отделение, 1976.
2. **Волков, В.Н.** Судебная медицина: учеб. пособие для вузов / В.Н. Волков, А.В. Датий ; под ред. проф. А.Ф. Вольнского. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. - 639 с.
3. **ДТП. Компенсация материального ущерба и морального вреда.** - М.: АСТ, Астрель, ВКТ, 2018. - 27 с.

УДК 629.331

МАРКОВНИНА А.И., МАКАРОВ В.С.

ИЗУЧЕНИЕ СТАТИСТИКИ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексева

Анализ данных о дорожно-транспортных происшествиях является одной из основ работы по обеспечению безопасности дорожного движения. При изучении ДТП возможны два метода исследования: вероятностный и детерминированный. В первом методе осуществляется охват статистическими закономерностями всего множества факторов, действующих во время ДТП. При этом появляется возможность оценить все причины и последствия аварии. Благодаря вероятностному подходу, можно спрогнозировать число и характер ДТП, которые могут произойти в определенных условиях или месте. При детерминированном подходе рассматривается не общая аварийность по региону, а каждое ДТП в отдельности. Каждое происшествие является следствием определенного набора факторов. Эти факторы могут быть сугубо индивидуальными или общими для целой группы происшествий [1].

В государственную статистическую отчетность включают ДТП с погибшими и ранеными, в то время как другие обобщаются на местном уровне. Также не входят в эту статистику сведения о происшествиях, которые произошли на огороженных и охраняемых территориях предприятий, организаций, аэродромов, воинских частей и других закрытых объектов; ДТП во время проведения соревнований или тренировок.

При анализе данных об аварийности используются абсолютные, относительные и удельные показатели. К абсолютным относятся: общее число ДТП с пострадавшими, число погибших и раненых; число ДТП, погибших и раненых по вине водителей, транспортных средств народного хозяйства, индивидуальных транспортных средств; число ДТП, погибших и раненых по вине пешеходов, из-за технической неисправности транспортных средств и из-за неудовлетворительного состояния улиц и дорог. Относительные показатели вычисляются делением одного абсолютного показателя на другой. В общем виде формула для расчета относительного показателя имеет вид:

$$O = K \cdot A / B,$$

где O - относительный показатель; A - один абсолютный показатель; B - другой абсолютный показатель; K - масштабный коэффициент [2].

Среди относительных показателей чаще всего выделяют: число транспортных средств в расчете на 1 тыс. населения; протяженность дорог на единицу территории региона; число единиц транспортных средств в расчете на протяженность дорог.

Удельные показатели показывают долю одного абсолютного показателя от другого и чаще всего выражаются в процентах. Данный тип показателей используют, когда необходимо продемонстрировать, из каких частей состоит тот или иной абсолютный показатель аварийности.

Данная работа проведена при финансовой поддержке грантов Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых ученых - докторов наук МД-226.2020.8.

Библиографический список

1. **Иларионов, В.А.** Экспертиза дорожно-транспортных происшествий / В.А. Иларионов. – М. : Транспорт, 1989.
2. **Волошин, Г.А.** Анализ дорожно-транспортных происшествий / А.Г. Волошин, В. П. Мартынов, А.Г. Романов . – М.: Транспорт, 2007. - 240 с.

УДК 629.331

МАРКОВНИНА А.И., МАКАРОВ В.С., ЦЫГАНОВ Н.Д., ПАПУНИН А.В.,
БЕЛЯКОВ В.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВАЖНОСТИ КРИТЕРИЕВ СРАВНЕНИЯ СИСТЕМ АКТИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЯ

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева

В процессе исследования систем активной безопасности автомобиля и интеллектуальных ассистентов с помощью методов многокритериальной оценки возникла потребность в экспертных оценках, чтобы назначить вес критериям сравнения. Была сделана анкета-опрос для исследования критериев:

- стоимость установки системы или ассистента на новый автомобиль в процессе сборки;
- эффективность применения системы;
- стоимость обслуживания системы и ремонта ее деталей в течение срока службы;
- дооснащение готового автомобиля той или иной системой.

Опрос проводился среди людей возраста от 19 до 51 года, преимущественно имеющих техническое образование. У большей части в наличии были права на управление транспортным средством [3].

Окончательные значения весовых коэффициентов a получаются усреднением оценок всех m экспертов по каждому частному критерию:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^m a_i}{m}.$$

В результате было получено, что большая часть опрошенных считают критерий эффективности системы наиболее важным из рассматриваемых. Следующим по значению определен критерий стоимости ремонта и обслуживания, для полноценного функционирования системы необходимо, чтобы все составные части находились в удовлетворительном состоянии.

Последние два рассматриваемых критерия примерно одинаковы по значению, стоимость дооснащения оказалась немногим важнее стоимости установки на новый автомобиль. При этом следует отметить, что процесс установки дополнительного оборудования на автомобиль, изначально не подготовленный к этому, более трудоемкий и дорогостоящий.

При разделении опрошенных на возрастные группы наблюдается, что для опытных водителей и людей старшего поколения эффективность системы значительно важнее цены. Для молодых разница между этими показателями меньше и критерий стоимости для них важен так же, как и эффективность.

Библиографический список

1. Автоматические и интеллектуальные системы транспортных средств. Автомобили и тракторы, многоцелевые колесные и гусеничные машины, наземные транспортно-технологические комплексы, мобильные роботы и планетоходы: учебник/под общ. ред. проф. В. Белякова и Л. Палковича; Нижегород. гос. техн. ун-т. Р.Е. Алексеева. – Н. Новгород, 2012. – 475 с.
2. **Черноруцкий, И.Г.** Методы принятия решений / И.Г. Черноруцкий. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 416 с.: ил.
3. **Марковнина, А.И.** Критерии сравнения пакетов ассистирующих систем и интеллектуальных систем помощи водителю / А.И. Марковнина, Н.Д. Цыганов // Научные исследования в современном мире: теория, методология, практика : сб. ст. по материалам международной научно-практической конференции (25 октября 2019 г., г. Уфа): в 3 ч. Ч.1. – Уфа: Изд. НИЦ Вестник науки, 2019. – С. 104-108

УДК 629.331

МАРКОВНИНА А.И., МАКАРОВ В.С., ПАПУНИН А.В., БЕЛЯКОВ В.В.

ВЫВОДЫ ИЗ АНАЛИЗА СТАТИСТИКИ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева

Проводился анализ по каждому типу ДТП. В столкновениях основными причинами были: водитель не предоставил преимущество, не справился с управлением, не выбрал безопасную дистанцию, нарушил Правила дорожного движения (проезд перекрестка на запрещающий сигнал светофора). Имеет место повторное столкновение, 2 случая за 2 месяца.

Из статистики ДТП с сайта ГУ ГИБДД по Нижегородской области [1] видно, что пешеходов, переходящих дорогу на запрещающий сигнал светофора, сбивают реже, чем пешеходов, идущих на разрешающий сигнал. Это может быть связано с тем, что при переходе на зеленый свет пешеход уже не уделяет должного внимания на то, чтобы убедиться в полной безопасности перехода.

Наиболее частой причиной опрокидывания является обстоятельство, что водитель не справился с управлением.



Рис. 1. Причины наездов

Выводы из анализа аварийности следующие:

1. Причина «водитель не справился с управлением» встречается во всех типах ДТП, значит, ее устранение приведет к улучшению статистики в общем.
2. В столкновениях второй по количеству аварий причиной является не предоставление преимущества при левом повороте. Левый поворот считается одним из самых сложных маневров на дороге, следовательно, необходимо проекторочными и регулировочными решениями обезопасить его. Например, вынос левого поворота в отдельную фазу светофора.
3. Наезды на пешеходов чаще всего встречаются на нерегулируемых перекрестках. Повысить безопасность можно, например, улучшением видимости, техническими решениями по привлечению внимания водителей.

1. ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ МВД РОССИИ ПО НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ // Электронный ресурс // URL: <https://52.мвд.рф/news/dtp> Дата обращения 12.05.2020.

УДК 629.331

МАРКОВНИНА А.И., МАКАРОВ В.С., ЦЫГАНОВ Н.Д., ПАПУНИН А.В.,
БЕЛЯКОВ В.В.

ЭКСПЕРТНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ АКТИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ. МЕТОД ЭДЖВОРТА-ПАРЕТО

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева

Исследуя системы активной безопасности автомобиля с помощью методов многокритериальной оценки, в качестве предварительного этапа строится множество Эджворта-Парето. Принцип Эджворта-Парето является фундаментом многочисленных теоретических исследований, а также надежным инструментом при решении различных прикладных многокритериальных задач [1].

Определено, что самые выгодные к установке системы находятся в левом верхнем углу схемы: система курсовой устойчивости ESP, система торможения после столкновения, система предотвращения столкновения с пешеходами PDS, система автономного экстренного торможения АЕВ [2].

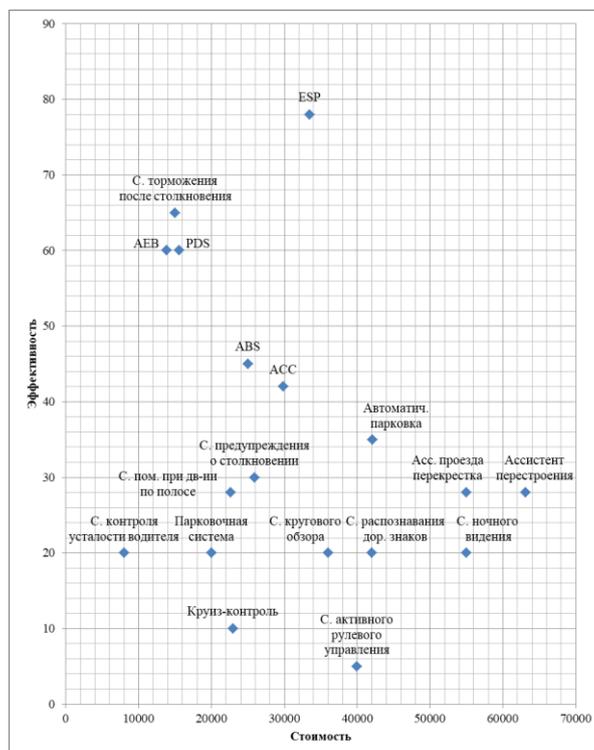


Рис. 1. Распределение систем по методу Эджворта-Парето (стоимость-эффективность)

Данная работа проведена при финансовой поддержке грантов Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых ученых - докторов наук МД-226.2020.8.

Библиографический список

1. **Макаров, И.М.** Теория выбора и принятия решений / И.М. Макаров [и др.]. – М. : Наука, 1982.
2. **Марковнина, А.И.** Функциональное распределение интеллектуальных систем помощи водителю / А.И. Марковнина, В.С. Макаров // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. – Санкт-Петербург: СПбФ НИЦ МС, 2019. – № 3. – 47 с. ISSN 2658-3305, СПбФ НИЦ МС, Санкт-Петербург, С. 14-17.

УДК 629

МОКЕРОВ Д.С.

ВНЕДРЕНИЕ ВИНТОВОЙ ЛОПАСТИ РОТОРНО-ВИНТОВОГО ДВИЖИТЕЛЯ В ЛЕД. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭНЕРГОЕМКОСТИ

НГПУ им. Козьмы Минина

Для Российской Федерации ускоренное освоение Арктики является важным условием повышения экономического потенциала. Работа в сложных условиях эксплуатации подразумевает применение специальных машин, способных работать в прибрежной части северных морей, в том числе с необходимостью выхода на воду и припай, что выдвигает требование по обеспечению не только амфибийности носителей технологического оборудования, но и выхода машины из воды на лед. В настоящее время такие задачи может решать только роторно-винтовой движитель.

В настоящее время установлено, что во время движения максимальное сопротивление движению машин данного типа обусловлено внедрением винтовой лопасти в лед. При этом существуют две технологии внедрения – резание льда винтовой лопастью с отделением стружки и вдавливание винтовой лопасти в лед.

В статье представлено, что показатели энергоемкости внедрения винтовых лопастей различной площади поперечного сечения и с различной скоростью в лед для случая вдавливания гораздо выше, чем в случае срезания слоя льда. При этом такой эффект достигается за счет увеличения длины базового цилиндра. В случае если длина заходной части винтовой лопасти или базового цилиндра в целом ограничена, то для внедрения винтовой лопасти в лед следует применять метод резания.

УДК 629

МОЛЕВ Ю.И.

ОСОБЕННОСТИ РАССЛЕДОВАНИЯ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ С ТРАНСПОРТНЫМИ СРЕДСТВАМИ, ОСНАЩЕННЫМИ ПОДУШКАМИ БЕЗОПАСНОСТИ

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева

Анализ существующей оценки пассивной безопасности ТС позволил выделить основные показатели, оценивающие ударно-прочностные свойства автомобилей: максимальную деформацию автомобиля, среднеинтегральную перегрузку автомобиля N_a и изменение скорости движения автомобиля при столкновении Δv_a . Потерю энергии при ударе оценивают с помощью коэффициента восстановления $K_{уд}$, однако данные о диапазонах его изменения довольно противоречивы. Для более глубокой оценки ударных характеристик автомобиля необходимы дальнейшие испытания при других значениях скоростей, что потребует дополнительных расходов на проведение экспериментов.

Модули систем срабатывания подушек безопасности используют сложные алгоритмы, чтобы принять решение о раскрытии подушек безопасности на основе одного или более кинематических переменных. Из-за статуса «ноу-хау» алгоритмов развертывания значения скорости, ускорения или деформации, используемые в этих алгоритмах, неизвестны. Вместо этого предлагается определять диапазоны значений скоростей удара, замедлений или деформаций, которые могут быть рассчитаны на основе данных краш-тестов и затем использованы для экспертной оценки, должны ли были раскрыться подушки безопасности в случае конкретного столкновения.

Основными результатами работы стали:

Рассмотренные методы оценки безопасности транспортных средств, которые основывались на теориях упругости и пластичности, способны выявить степень энергопоглощения конструкцией динамической (ударной) нагрузки, несмотря на множественные допущения и некоторую идеализацию. Эффективность их использования в частном случае все же требует проведения многочисленных экспериментов.

Анализ существующих зарубежных методов оценки энергии, затраченной на пластическое деформирование частей автомобилей, показал, что наиболее распространенная группа методов основана на использовании величины энергетически эквивалентной скорости EES (*Energy Equivalent Speed*), которая вводится по аналогии со скоростью и имеет ту же физическую размерность. Рассмотренные методы нуждаются в заранее составленном общедоступном каталоге, в который внесены реальные случаи деформирования автомобилей; в определении единичной жесткости, которая зависит как от величины нагрузки и направления ее действия, так и от модели автомобиля и года его выпуска; либо сеток для различных частей разных типов и моделей автомобилей.

При этом часть повреждений, величина которых не способна придать автомобилю отрицательное ускорение, равное $1,0g$, однозначно не может привести к срабатыванию подушек безопасности, так как такое ускорение является штатным при движениях автомобиля.

Подсекция 5.1

Кораблестроение и авиационная техника

УДК 629.124

БЛИНОВ К.Д., МАМЕДОВ Э.Ш., ХАЗОВ К.Ю.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ PYTHON
ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТА
ПО РАЗРУШЕНИЮ ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время все научное сообщество в России и за рубежом широко использует для работы с научными данными и их обработкой язык программирования Python. Однако в работах исследователей в судостроительной отрасли он используется редко или не используется вовсе. Это в свою очередь делает актуальной задачу внедрения в практику научных исследований, проводимых на кафедре «Кораблестроение и Авиационная техника», использование данного языка программирования.

Во время проведения опытов по пролому композитного льда в малом бассейне НГТУ [1] накапливается большое количество экспериментальных данных. За один месяц экспериментов накапливается от 50 до 150 файлов с данными. Для обработки одного такого файла вручную потребовалось бы около 20 мин, используя же программный метод, на это уходит около 2 мин.

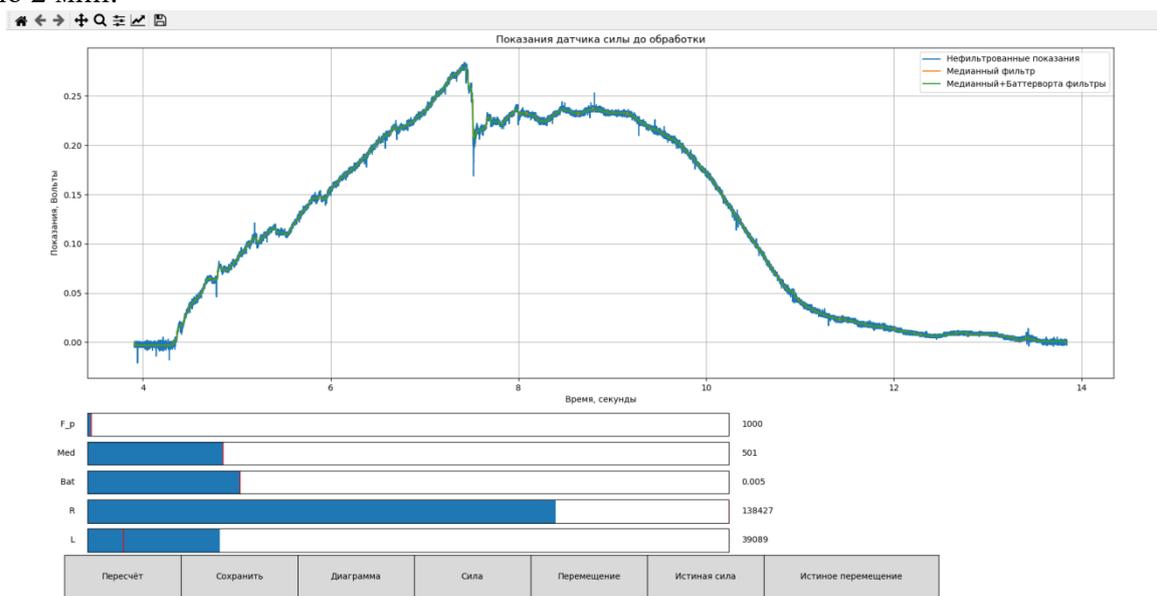


Рис. 1. Интерфейс программы по обработке файлов эксперимента

Был написан код программы по обработке файлов эксперимент. Основной задачей авторов было спроектировать графический интерфейс программы (рис. 1) таким образом, чтобы им было удобно и понятно пользоваться. Выходом программы является файл, содержащий двумерный массив данных с истинными значениями приложенной ко льду силы и его прогиба.

С использованием программного подхода резко уменьшается трудоемкость по обработке данных эксперимента. Это позволяет сразу после эксперимента получить диаграммы разрушения модельного льда.

1. Зуев, В.А. Техника и технология исследований модельного льда в малом ледовом бассейне НГТУ им. Р.Е. Алексеева / В.А. Зуев, Ю.А. Двойченко, А.С. Себин // Транспортные системы. – 2019. - №3 (13). – С. 39-47.

УДК 629.124

БЛОХИН А.А., САНДАКОВ М.Ю., СКОБЕЛЕВА И.Ю.

ПОДГОТОВКА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ПАРУСНОГО ВООРУЖЕНИЯ ЯХТЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.А. Алексеева

Представленная работа посвящена подготовке научно-технического обоснования работ по модернизации парусного вооружения учебного крейсера яхтенной школы «Парус» при Институте Транспортных Систем нашего университета, яхты «Золотица» (рис.1).

К началу работ авторы имели: чертеж общего расположения совмещенный с элемен-



Рис.1. Яхта «Золотица»

тами теоретического чертежа корпуса, главные размерения судна и саму «Золотицу», зимующую в яхт-клубе «Ока».

Коллективом авторов были поставлены задачи:

- 1) по имеющимся данным создать геометрическую твердотельную модель корпуса яхты с элементами надстройки и парусного вооружения;
- 2) используя построенную твердотельную модель, определить геометрические характеристики подводной части корпуса яхты в положении «на ровный киль» и в положении «с креном на борт».

Для решения поставленных задач были проведены следующие мероприятия:

1. Проанализированы имеющиеся чертежи. Определен масштабный коэффициент на графических документах с учетом истинных размеров существующей яхты. Данная проблема возникла из-за расхождения имеющихся чертежей с реальным судном. Данное обстоятельство объясняется отсутствием рабочих чертежей, по которым строилась «Золотица» в начале 80-х годов прошлого века.
2. Используя пакет программного обеспечения «Компас» [3, 4], были достроены недостающие теоретические шпангоуты и создана геометрическая твердотельная модель корпуса яхты с учетом надстройки и рангоута.
3. Графически выделена подводная часть корпуса в положении без крена (угол наклона на бок 0°) и дифферента (угол наклона вдоль корпуса 0°). Под-

водная часть корпуса – это геометрическое тело, полученное при пересечении корпуса яхты плоскостью воды. На основании данного построения получены массо-центровочные характеристики геометрического тела погруженной части [1] (масса, координата центра архимедовых сил и другие).

4. Были получены массо-центровочные характеристики для геометрического тела погруженной в воду части корпуса яхты при крене 15° .

В результате представленной методики появляется возможность определения координат центра бокового сопротивления дрейфу судна при различных углах крена (0° и 15°) и необходимые геометрические характеристики, с помощью которых мы можем оценить центровку яхты.

Заключение

Определенное взаимное положение центра бокового сопротивления и центра парусности позволяет анализировать центровку яхты «Золотица». Тем самым появляется возможность модернизировать парусное вооружение с наибольшей эффективностью.

Библиографический список

1. **Алферьев, М.Я.** Теория корабля. Плавуемость, остойчивость, непотопляемость и спуск корабля на воду. Речной транспорт / М.Я. Алферьев. – М., 1959. – 492 с.
2. **Крючков, Ю.С.** Крылья океана / Ю.С. Крючков, И.И. Перестюк. – Л. : Судостроение, 1983. – 256 с.
3. Информационный портал © АСКОН, 1989—2020 // <https://edu.ascon.ru/main/news/>
4. **Никонов, В. В.** Компас 3D: создание моделей и 3D печать / В.В. Никонов. – СПб., 2020. – 220 с.

УДК 681.518.2

ВАЛЯЕВ А.В., ЛУКИНА Е.А., ФЕДОСЕНКО Ю.С.

О ВЫБОРЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МОДЕЛИ РАСЧЕТА ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОРПУСА И ПОСАДКИ ВОДОИЗМЕЩАЮЩЕГО СУДНА

Волжский государственный университет водного транспорта

На стадии проектирования безопасность плавания судна подтверждается выполнением расчетов плавуемости, остойчивости и непотопляемости при определенном числе состояний нагрузки с помощью математических моделей статики корабля. Вместе с тем, при возникновении в процессе эксплуатации форс-мажорных обстоятельств не исключено возникновение запроектной аварии с необратимыми для судна и фатальными для пассажиров и экипажа последствиями [1]. К таким запроектным авариям относятся, в первую очередь, опрокидывание судна вследствие затопления большего количества отсеков, одновременное взаимодействие нескольких наклоняющих моментов, таких как скопление пассажиров на одном борту, смещение грузов, воздействия ветра большой силы и др.

В процессе затопления судна происходит непрерывное изменение параметров его посадки и объемного водоизмещения. Соответственно капитан судна должен иметь возможность отслеживать динамику значений показателей, характеризующих его плавуемость и остойчивость в условиях конкретной аварийной ситуации, особенно в условиях комплексного внешнего воздействия.

Перспективным вариантом получения такой информации представляется дополнение оборудования судовой рубки цифровой системой поддержки принятия решений об использовании средств спасения при угрозе опрокидывания водоизмещающего судна (СППР).

Возможны две различные вычислительные модели оценки посадки и остойчивости поврежденного судна [2]. Для первой модели считается, что вода, проникшая в отсеки при повреждении корпуса, является жидким грузом, вес которого равен весу влившейся воды. Во

второй модели считается, что при повреждении корпуса вес судна остается неизменным, а изменяется только форма его подводного объема и соответственно в этом случае вода в поврежденных отсеках исключается из подводного объема судна, весовое водоизмещение и положение центра тяжести судна при этом остаются неизменными.

При разработке СППР в части расчета гидростатических характеристик корпуса и посадки водоизмещающего судна необходимо пользоваться методом приема жидкого груза. Так как при использовании метода постоянного водоизмещения рассматривается отсек, неограниченно сообщающийся с забортной водой. Поэтому данным методом рассматриваются аварийные случаи затопления отсеков судна через пробоину, что и требуется Правилами Российского Речного Регистра при проверке непотопляемости. Но при этом невозможен учет промежуточных этапов, когда уровень воды в отсеке меньше осадки судна в данный момент и нельзя рассматривать процесс затопления в динамике. А метод приема жидкого груза позволяет оценить характеристики посадки и остойчивости судна на промежуточных этапах.

Работа выполнена при поддержке гранта «Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере» (договор № 13574 ГУ/2018).

Библиографический список

1. **Мальцев, Н.Я.** Теория непотопляемости судна / Н.Я. Мальцев, Д.В. Дорогостайский. Ю.К. Прытков. – Л. : Судостроение, 1983. – 320 с.
2. **Ваганов, А.Б.** Анализ вычислительных моделей оценки посадки водоизмещающего судна для системы поддержки принятия решений при комплексном внешнем воздействии / А.Б. Ваганов [и др.] // Информационные системы и технологии. 2020: [Электронный ресурс]: Сб. материалов XXVI Международной научно-технической конференции; –НГТУ им. Р.Е. Алексеева. Н. Новгород, 2020. – С. 670 - 676.

УДК 656.61.052

ГАЛЕЕВ Р.Э., СОЛОВЬЕВ А.В., ФЕДОСЕНКО Ю.С.

О ЦИФРОВОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ТРАЕКТОРИИ ДЛЯ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ДВИЖЕНИЕМ СУДНА

Волжский государственный университет водного транспорта

Одно из перспективных направлений повышения уровня обеспечения безопасности плавания и снижения аварийности предполагает использование в штатном режиме цифровых систем поддержки принятия решений (СППРС) при управлении движением судна. Судовая система такого типа должна учитывать актуальные особенности акватории плавания, навигационные и гидрометеорологические условия, техническую оснащенность конкретного судна и подготовку его судоводителей [1].

Использование СППРС при «ручном» управлении движением судна позволит минимизировать влияние потенциально некорректных и ошибочных действий, повысить точность предвидения судоводителем траектории движения судна. Указанные обстоятельства предполагают необходимость автоматического решения в on-line режиме задачи прогнозирования и визуального отображения прогнозной траектории движения судна, своевременного определения конечной точки маневра на заданном интервале времени.

В докладе излагается подход к построению прогнозной траектории движения судна на основании актуальных значений динамических параметров судна с использованием цифрового моделирования.

Реализация развиваемого подхода позволит в реальном масштабе времени осуществлять непрерывное прогнозирование траектории движения судна на приемлемом для практики временном промежутке и представлять ее на интегрированной информационной панели для принятия судоводителем решений об управляющем воздействии.

Цифровое моделирование траектории движения судна как части судовой СППРС возможно на основе данных о маневренных и инерционных характеристиках судна, а также с учетом информации, получаемой в непрерывном режиме от датчиков положения органов управления движительно-рулевым комплексом, линейной и угловой скоростей судна.

Для решения задачи определения динамики подвижного объекта в условиях внешних возмущающих воздействий может быть использована математическая модель, в основе которой лежит система нелинейных дифференциальных уравнений [2], учитывающая гидродинамические коэффициенты, определяемые в результате натурных испытаний для каждого конкретного судна и характеризующие его динамику при изменении внешних факторов (глубина фарватера, осадка судна и т.п.), т.е. отображающие его маневренные характеристики (Резолюция ИМО А. 601(15) «Требования к отображению маневренной информации на судах» [3]).

Принимая во внимание реальные перспективы создания судов-автоматов, отметим, что в сложных навигационных условиях опция вмешательства в управление судном оператора, как на борту, так и путем удаленного доступа, всегда останется актуальной. Соответственно предлагаемое решение для системы поддержки принятия решений при управлении движением судна путем цифрового моделирования прогнозной траектории позволяет обеспечить максимально информативное управление с прогнозированием траектории, как для судоводителя, так и для удаленного оператора.

Библиографический список

1. **Клементьев, А.Н.** Основы управления судном / А.Н. Клементьев. – Нижний Новгород: ФБОУ «ВГАВТ», 2011. – 144 с.
2. **Войткунский, Я.И.** Справочник по теории корабля. Ходкость и управляемость / Я.И. Войткунский, Р.Я. Першин, И.А. Титов. – Л. : Судпромгиз. 1960. – 688 с.
3. **Шарлай, Г.Н.** Управление морским судном / Г.Н. Шарлай. – Владивосток: Морской государственный университет, 2010. – 509 с.

УДК 629.124

МАМЕДОВ Э.Ш., БЛИНОВ К.Д., ХАЗОВ К.Ю.

УСТРОЙСТВО ДЛЯ МНОГОСЛОЙНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МАЛЫХ ГРАНУЛ В ЛЕДОВОМ БАССЕЙНЕ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Актуальной проблемой проектирования судов ледового плавания является заблаговременное определение сил, действующих на корпус судна при движении его в сплошном льду. В настоящее время идет активный поиск физически адекватной модели льда.

Исследования по разрушению композитного ледяного покрова [1] (GP-ice) показали необходимость в поиске несколько иного подхода к моделированию физико-механических свойств композита, а именно использование малых гранул, намороженных в несколько слоев. Для решения этой задачи было реализовано устройство для удержания и разравнивания гранул на своих местах до их погружения в бассейн (рис. 1). Конструкция представляет собой 3 сетки 800x800x50мм из нержавеющей стали с загнутыми и прорезиненными краями. Для жесткости конструкции, сетка подкреплена ребрами жесткости. Для поддержания сеток над зеркалом бассейна используются система из 12 электромагнитов. Крепление магнитов осуществляется через установленные на сетках «якоря» из нержавеющей стали. Для удобства работы для каждого из магнитов предусмотрена кнопка включения. Чтобы сброс сеток в воду происходил одновременно, предусмотрен общий переключатель питания электромагнитов от сети.

Данное технологическое решение позволяет увеличить качество полученного композита и повысить точность проведения дальнейших экспериментов. В дальнейшем подобная конструкция может быть использована при проведении модельных испытаний.

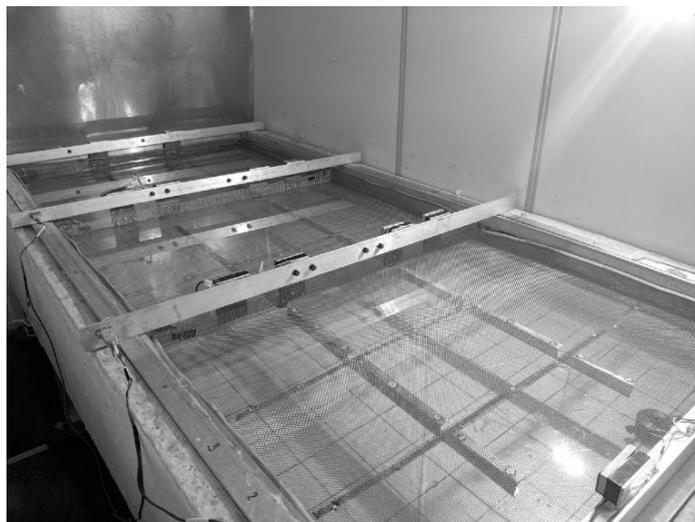


Рис. 1. Устройство распределения гранул полиэтилена в ледовом бассейне

1. **Двойченко, Ю.А.** К вопросу о моделировании ледяного покрова с использованием композитной модели льда / Ю.А. Двойченко, В.А. Зуев, А.С. Себин // Труды Крыловского государственного научного центра. – 2019. - S2. – С. 59-62.

УДК 629.124

ХАЗОВ К.Ю., БЛИНОВ К.Д., МАМЕДОВ Э.Ш.

ПРОВЕДЕНИЕ ОПЫТОВ ПО ИЗУЧЕНИЮ АДГЕЗИОННОЙ ПРОЧНОСТИ ПОЛИЭТИЛЕНА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ СО ЛЬДОМ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Для строительства объектов морской техники, эксплуатирующихся в тяжелых условиях Арктики, необходимо иметь надежные инструменты прогнозирования сил, действующих со стороны льда. Одним из них является метод модельного эксперимента в композитном льду (GP-ice) [1], который состоит в том, что в естественный лед вмораживаются полиэтиленовые гранулы, которые изменяют его прочностные характеристики. Ключевую роль в этих исследованиях играет изучение адгезионной прочности. Анализ исследований в данной области [2] свидетельствует о том, что эти характеристики изучены недостаточно.

В 2019 г. в малом ледовом бассейне НГТУ им. Р.Е. Алексеева при поддержке гранта РФФИ №19-08-00820 были проведены эксперименты по изучению адгезионной прочности соединения полиэтилена со льдом при нормальном отрыве. В морозильной камере намораживался слой льда толщиной 3-5 см. Холодная вода наливается и размазывается тонким слоем с помощью кисти на подготовленную рабочую поверхность льда. Обезжиренные при помощи этилового спирта плитки полиэтилена двух типоразмеров выставляются на эту поверхность последовательно в два ряда, во время этого должно осуществляться легкое прилипание плиток ко льду. После полиэтилен некоторое время (~2 ч) находился при отрицательной температуре (~-20°C) для установки прочных адгезионных связей со льдом. Отрыв плиток производился с помощью механизма линейного перемещения с установленным на нем датчиком силы. Сигнал от датчика записывался на компьютер.

В результате проведения эксперимента была получена величина адгезионной прочности соединения полиэтилена и льда при нормальном отрыве маленьких и больших плиток

(рис. 1). Данные, полученные при отрыве больших плиток, имеют вид нормального распределения, что говорит о правильности подхода. Данные же маленьких плиток имеют экспоненциальный характер, что связано с масштабным эффектом. Эти результаты являются необходимыми для развития методики моделирования ледяного покрова с помощью композитной модели льда.

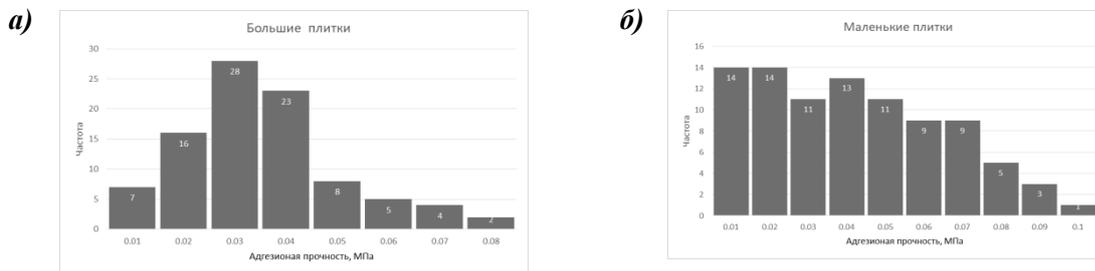


Рис. 1. Результаты эксперимента по изучению адгезионной прочности:
а – данные адгезии больших плиток; *б* - данные адгезии маленьких плиток

Библиографический список

1. **Зуев, В.А.** Средства продления навигации на внутренних водных путях / В.А. Зуев. – Л. : Судостроение, 1986. – 208 с.
2. **Шадринов, Н.В.** Исследование работоспособности полимерных материалов в условиях трения со льдом и снегом / Н.В. Шадринов. – Якутск, 2015.

Энергетические установки

УДК 621

ДОКУЧАЕВ М.А., РОМАНОВ А.Д.

РАЗРАБОТКА ПОРТАТИВНОГО ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРА НА БАЗЕ ПАРОВОГО ДВИГАТЕЛЯ С ВРАЩАЮЩИМСЯ КОТЛОМ

Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексева

Вращающийся котел впервые был изготовлен Н.Е. Жуковским в 1906 г. С 1932 г. Форкауф занимался исследованием турбокотлов. С 1934 г. Хюттнер в Германии начал разработку авиационного турбокотла мощностью 2500 л.с., было создано несколько работоспособных моделей малой мощности. В 1938 г. во Франции на основе турбокотла был создан агрегат мощностью 50 л.с., который был установлен на грузовик и испытан. В СССР работами по созданию новых типов двигателей в моторной лаборатории МАИ им. Серго Орджоникидзе. В 1938-1939 гг. Старницкий построил агрегат по схеме Хюттнера с некоторыми отличиями, показавший мощность 30 л.с. В 1933 г. Бесслеры построили первый паровой самолет, который смог осуществить полноценный самостоятельный полет, данный самолет использовался в почтовом ведомстве США до 1936 г. В 30-х гг. прошлого века также велись исследования другими инженерами в области вращающихся котлов, так как в 30-х гг. турбокотел обладал преимуществами перед самолетами с двигателями внутреннего сгорания, в частности: мощность двигателя не зависела от высоты полета и степени разреженности воздуха, нетребовательность к топливу, отсутствие необходимости в маслах, простота конструкции машины, а следовательно, большая ремонтпригодность.

Однако для применения в авиации крайне важным фактором, кроме высотности, является удельная мощность. А фактор моготопливности двигателя для авиации не критичен, так как двигатели рассчитаны на один-два топлива.

Кроме того, начавшаяся Вторая мировая война помешала проведению исследований. Нет необходимости в многотопливности и паровые системы имеют меньшую удельную мощность.

Поэтому проблемы внедрения данных энергетических установок были не решенными на уровне технологий 30-х гг. XX в., как и самолет Жуковского XIX в., причинами являлись повышенный абразивный износ элементов системы, создание сепараторов, пароперегревателей, а также проблема отложения солей и сажи.

Предлагается котел в виде единого, литого цилиндра с продольными внутренними ребрами и поперечными наружными. При вращении котла продольные внутренние ребра равномерно заполнены жидкостью и создаются условия для конвективного теплообмена в межреберном пространстве. Поперечные наружные ребра увеличивают площадь теплообмена с продуктами сгорания.

Применение паровой машины объемного типа вместо турбины позволяет решить проблему эрозии лопаток насыщенным паром. Также насыщенный пар создает условия полусухого трения в трущихся поверхностях парового двигателя, что в сочетании с применением износостойких алюмоматричных материалов [1, 2] обеспечит надежную работу и высокий срок службы.

Библиографический список

1. **Чернышов, Е.А.** Разработка технологии получения композиционного материала на основе алюминия, упрочненного полыми керамическими микросферами / Е.А. Чернышев [и др.] // *Металлург.* 2018. № 12. С. 50-53.
2. **Чернышов, Е.А.** Разработка технологии получения алюмоматричного литого композиционного материала с помощью синтеза упрочняющей фазы оксида алюминия в расплаве алюминия / Е.А. Чернышев [и др.] // *Известия высших учебных заведений. Порошковая металлургия и функциональные покрытия.* 2017. № 4. С. 29-36.

УДК 533.581

ЗЕЛЕНОВ П.А., БОРОВКОВ М.Н., КОРОБОВ И.Б.

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ПОГРУЖНЫХ СПГ НАСОСОВ КАК ИНСТРУМЕНТ ИССЛЕДОВАНИЯ ИХ РАЗВИТИЯ

АО «ОКБМ Африкантов»

Создание новых и развитие существующих объектов индустрии сжиженных газов (СПГ, СУГ) является приоритетной задачей для отечественной промышленности и экономики. Погружные насосы – критически важные элементы технологических линий этих объектов. Опыт их создания в России практически отсутствует, и актуальной задачей становится исследование существующих решений из опыта мировой практики.

Ввиду сравнительной новизны научно-технического направления, источники информации, посвященные полностью погруженным криогенным насосам, весьма ограничены.

Освоение отечественными предприятиями соответствующих технологий и компетенций требует проведения систематического, углубленного анализа известных конструкций. Соответственно цель исследования – выявление закономерностей развития погружных СПГ/СУГ насосов и определение наиболее перспективных решений.

Выявлено, что в развитии погружных СПГ насосов можно выделить три периода:

1) 1961 – 1973 гг. начало периода определено созданием первого серийного погружного СПГ насоса фирмой «Дж. Си. Картер» («J.C.Carter», США) [1]. Конструкция наследовала основные принципы у топливных насосов ЖРД, в том числе предвключенную ступень (шнек) и общий вал насосной и приводной части. Упорные подшипники не использовались. Компенсация осевого усилия осуществлялась радиально-упорными шарикоподшипниками или перепуском среды через отверстия в ведущих дисках рабочих колес. Период характеризуется активным конструкторским поиском: апробировались технологии экранирования электродвигателей, применения вспомогательных электродвигателей предвключенной ступени. В этот период и в дальнейшем в погружных насосах сжиженных газов стабильно применяются модифицированные опоры качения, смазываемые перекачиваемой средой [2];

2) 1973 – 2003 гг. Происходит окончательный отказ от экранирования электродвигателей, шнеки приобретают форму спирали с одной или двумя лопастями. Внедряется модульный принцип. Фирмой «ЭбараКрайодайнемикс» («EIS», США) разрабатывается и используется система разгрузки осевых усилий парным дросселем. Фирма «Шинко» («Shinko», Япония) применяет метод разгрузки осевых усилий за счет оппозитного расположения колес, разгрузочных поршней, дисков. Насосы, относящиеся к данному поколению, являются сегодня наиболее многочисленными;

3) с 2003 г. Период характеризуется массовым использованием шнеков переменного шага, распространением системы уравнивания осевого усилия разгрузочными дисками. Осваиваются технологии создания универсальных насосов, способных работать с разными видами СУГ [4]. Ведутся работы по повышению ресурса насосов за счет применения гидростатических подшипников.

Предполагается, что ключевым направлением научно-технических работ в сфере создания погружных СПГ насосов являются разработка методов расчета, способов изготовления и экспериментальной отработки перспективных форм пред включенных ступеней, подшипниковых опор и механизмов компенсации осевого усилия. Именно эти аспекты на данный момент наиболее полно свидетельствуют об актуальности конструкций насосов СПГ (СУГ).

Библиографический список

1. **Enver, Karakas.** A history of pumps in LNG. [текст] / Karakas Enver, Wonhof Eric // LNG Industry, Feb 2018.
2. **Gabelli, Antonio.** Bearings that heal themselves. Evolution – the business and technology magazine from SKF / Antonio Gabelli, Lars Kahhman. –1999. № 3.
3. **Christopher, Campos.** A revolution propelled by pumps. [текст] / Campos Christipher // LNG Industry, Sep. 2019.

УДК 551

РОМАНОВ А.Д., РОМАНОВА Е.А.

РАЗРАБОТКА ВОЗДУХОНЕЗАВИСИМОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ, СОВМЕЩЕННОЙ С МЕХАНИЗМОМ ИЗМЕНЕНИЯ ПЛАВУЧЕСТИ ПОДВОДНОГО АППАРАТА

Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексева

Впервые концепция подводного глайдера была практически продемонстрирована компанией General Dynamics в конце 60-х гг. прошлого века. К настоящему времени за рубежом создано более 10 серийных проектов глайдеров. Принцип действия глайдера подразумевает регулярные всплытия на чистой воде для определения и коррекции местоположения, проведения сеансов связи с базой и т. д. В настоящее время используется несколько различных типов механизмов изменения плавучести, отличающихся принципом действия: электрические, термические, химические [1].

Однако использование подводного аппарата для работы подолдом накладывает ряд специфических требований к устройству аппарата: надежности работы бортовых систем, организации работ в условиях ледовой базы. Особое значение в работе аппарата придается точности автономного навигационного обеспечения. Кроме того, необходимо уточнение данных о координатах с приводными акустическими маяками и пунктами телеметрической связи, т.е. дополнительных энергозатрат. Поэтому обеспечение длительной автономной работы подводного аппарата является одной из наиболее важных задач при выполнении широкого круга работ.

Известно, что в настоящее время, как для стационарных, так и для транспортных применений разрабатываются и внедряются воздухонезависимые энергетические установки (ВНЭУ). Различные страны решают одну и ту же задачу разными путями, и приоритетное направление развития ВНЭУ выбирается исходя из уровня развития соответствующей отрасли гражданского энергомашиностроения [2].

В проекте ключевым отличием является применение для необитаемых подводных аппаратов энергетической установки на основе высокометаллизированного безгазового топлива, совмещенной с механизмом изменения плавучести, что позволяет существенно увеличить подводную автономность аппарата [3].

Схема преобразования тепловой энергии энергетической установки приведена на рис. 1.

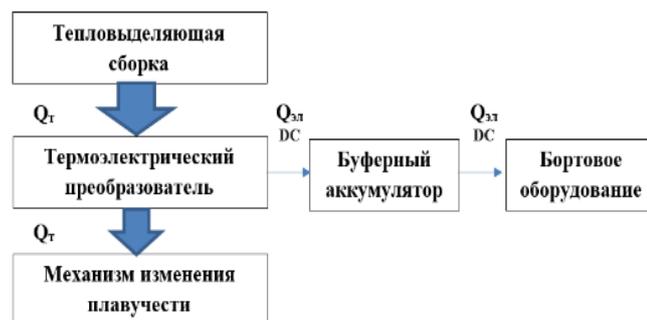


Рис. 1. Схема преобразования тепловой энергии

Большая часть тепловой энергии без преобразования поступает в механизм изменения плавучести, на основе изменения агрегатного состояния рабочего тела. При этом менее 10% от возможного тепловыделения используется для получения электрической энергии для питания бортовых устройств. Это позволяет значительно увеличить дальность и/или скорость движения подводного аппарата.

Библиографический список

1. **Кожемякин, И.В.** Подводные глайдеры: эффект «рыбьего пузыря» / И.В. Кожемякин [и др.] // Морские интеллектуальные технологии.– 2012.– №4 (18). –Р. 3–9.
2. **Чернышов, Е.А.** Разработка тепловыделяющего элемента на основе высокометаллизированного безгазового топлива / Е.А. Чернышов, А.Д. Романов, Е.А. Романова // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия Машиностроение. 2015. № 6 (105). С. 74-81.
3. **Чернышов, Е.А.** Развитие воздухонезависимых энергетических установок подводных лодок / Е.А. Чернышов, А.Д. Романов, Е.А. Романова // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. 2015. № 5 (33). С. 140-152.

УДК 539.3

КУЗНЕЦОВ М.В.,¹ КОШЕЛЕВ А.В.²

К ВОПРОСУ РАСЧЕТА ЖЕСТКОСТИ НАБОРНЫХ РЕЗИНО-МЕТАЛЛИЧЕСКИХ АМОРТИЗАТОРОВ

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева¹,
Арзамасское научно-производственное предприятие «Темп-Авиа»²

В настоящее время для защиты объектов авиационной техники от внешних воздействий в подавляющем большинстве используются резино-металлические амортизаторы. Конструкция одного из первых вариантов исполнения указанных амортизаторов подразумевала жесткую связь резины (демпфирующего элемента) с металлической обоймой (рис. 1, *а*), которая обеспечивалась спечением резины к металлу под высокой температурой. В таком случае не возникает проблем при расчете жесткости амортизаторов и их собственных частот, так как имеется одно ограничение – жесткая связь. Здесь при работе амортизатора в осевом направлении один демпфирующий элемент будет испытывать растяжение, а противоположный – сжатие.

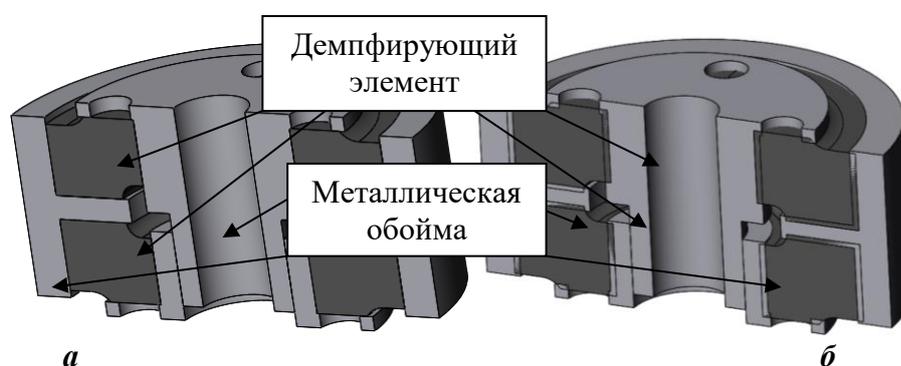


Рис. 1. Конструктивное исполнение резино-металлического амортизатора:
а – спеченный; *б* – наборный

Совершенствование конструкции амортизатора с целью снижения трудоемкости его изготовления привело к созданию так называемых наборных амортизаторов (рис. 1, *б*). Отличительной особенностью последнего является отсутствие жесткой связи резины с обоймой. Резиновый демпфер вкладывается в обойму с натягом, в результате чего появляется начальная статическая деформация. Очевидно, в отличие от спеченного амортизатора, при осевой работе один демпфирующий элемент будет испытывать деформацию сжатия, а противоположный – совершать работу не будет. Разумеется, при проведении статических и динамических расчетов данные обстоятельства необходимо учитывать, что и составляет основную сложность и актуальность задачи.

Решение назревшей проблемы может быть найдено использованием современных систем автоматизированного проектирования (САПР), которые успешно применяются для проведения инженерных расчетов и конечно-элементного анализа. Хорошо себя зарекомендовавшим программным продуктом, имеющим большое разнообразие вариаций контактирующих поверхностей (граничных условий), является Solid Works Simulation.

В указанном расчетном модуле имеется инструмент «Горячая посадка», реализующий натурную посадку с натягом в реальном образце. Этот инструмент позволяет автоматически рассчитать деформацию демпфирующих элементов, порождаемую вследствие натяга при их установке в обойму. Таким образом, при расчете жесткости амортизатора по известной формуле:

$$C = \frac{F}{U}, \quad (1)$$

где F – сила (поперечная, осевая) сжатия; U – перемещение от силы сжатия, статическая деформация будет учтена.

Представленный алгоритм расчета наборных резино-металлических амортизаторов подразумевает построение расчетной модели, максимально близкой к натурному образцу, и не нуждается во вспомогательных операциях. Результаты испытаний натуральных образцов показывают хорошую сходимость с результатами моделирования. Методическая погрешность составляет не более 9%.

УДК 621.039.53+621.039.5:539.4

БЕСЧЕРОВ Д.Е., ЕРЕЕВ М.Н., МАРКОВ А.С., ПАНОВ В.А., СВЕШНИКОВ Д.Н.

РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЙ СТОХАСТИЧЕСКИХ ТЕРМОПУЛЬСАЦИЙ НА УСТАЛОСТНУЮ ПРОЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

АО «ОКБМ АФРИКАНТОВ»

Для РУ транспортного назначения, характеризующихся высокими тепловыми нагрузками на оборудование в связи с необходимостью обеспечения повышенной мощности при минимальных габаритах и массе, вопрос оценки влияния стохастических термопульсаций на ресурс играет особую роль. Существующие методы проектирования и оптимизации новой конструкции являются эволюционными, основываясь на опыте предшествующей эксплуатации и тщательной экспериментальной отработке новых решений. Но в отношении оборудования РУ, предназначенного для длительной эксплуатации, данный подход, вследствие чрезвычайной сложности, высокой стоимости и продолжительности таких испытаний, практически не пригоден.

В АО «ОКБМ Африкантов» разработана технология, позволяющая проводить оценку влияния стохастических термоциклических нагрузок на ресурсные характеристики оборудования РУ. Численными методами с применением супер ЭВМ последовательно решаются задачи: «теплогидравлика – теплопроводность – напряженно-деформирование состояние (НДС) – ресурс».

Математические модели, применяемые в методах оценки усталостной долговечности, базируются на использовании усталостных характеристик конструкционных материалов, полученных при простом напряженном состоянии. Экспериментальные данные об усталостных характеристиках материалов при термических напряжениях, локализованных на малых площадках, отсутствуют. В связи с этим, наибольший интерес представляют экспериментальные исследования кинетики накопления усталостных повреждений при максимально возможных градиентах температур теплоносителей, соответствующих штатным параметрам РУ. Для решения данной задачи АО «ОКБМ Африкантов» совместно с НГТУ им. Р.Е. Алексеева проведены исследования кинетики накопления усталостных повреждений в материале моделей в результате нагружения температурными пульсациями случайного характера, обусловленными смешением теплоносителей с различной температурой, на уникальном, специально сконструированном стенде.

Для сравнения результатов эксперимента с результатами расчета была построена 3D модель экспериментального образца. Проведены теплогидравлические расчеты 3D модели, а по их результатам – расчеты НДС в условно-упругой и упруго-пластической постановках. По результатам расчетов НДС проведена оценка долговечности экспериментального образца при воздействии стохастических термопульсаций.

Учитывая результаты расчетов и контроля кинетики накопления усталостных повреждений в материале экспериментальной модели, были проведены ее металлографические исследования, которые подтвердили достоверность результатов расчетов долговечности.

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ, МЕТАЛЛУРГИЯ И ЗАГОТОВИТЕЛЬНЫЕ ПРОИЗВОДСТВА МАШИНОСТРОЕНИЯ

УДК 669.621

БАЖЕНОВ Е.О., ФОМИЧЕВ А.С.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ СТАЛИ 14X17H2 ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Развитие класса мартенситно-ферритных сталей является ярким примером реализации возможности использования современных достижений материаловедения [1, 2].

Сталь 14X17H2 является весьма сложной в технологическом отношении. Наличие в структуре большого количества δ -феррита оказывает вредное влияние на технологический процесс и качество изделия: ухудшает деформируемость стали при ковке и снижает пластические свойства (особенно ударной вязкости), повышает анизотропность механических свойств.

В работе проводилось исследование структуры и механических свойств стали 14X17H2 после различных вариантов термической обработки. Для исследований был изготовлен комплект образцов в количестве 32 штук. При изготовлении образцов были предусмотрены различные температурные интервалы горячей пластической деформации (ковка 1150-900°C; 1200-900°C; 1250-900°C), предварительной и окончательной термической обработки, включающей операции отжига, нормализации, закалки и отпуска.

При проведении металлографических исследований было выявлено, что микроструктура образцов представляет собой структурную композицию, основной составляющей в которой является мелкозернистый сорбит отпуска с высокодисперсными включениями карбидов хрома, а также включения структурно свободной фазы – δ -феррита различной формы и количества, что соответствует требованиям технических условий.

При исследовании механических свойств была выявлена зависимость ударной вязкости образцов от начальной температуры нагрева при горячей пластической деформации. При этом отмечается, что во всех случаях повышение температуры нагрева начала деформации до 1200°C приводит к повышению величины ударной вязкости.

Нагрев образцов до повышенной температуры закалки - 1020°C вместо применяемой на ПАО «РУСПОЛИМЕТ» 980-1000°C способствует повышению ударной вязкости. При исследовании было установлено, что применение длительного высокотемпературного диффузионного отжига (1150-1200°C) при предварительной термической обработке не приводит к эффективному изменению механических свойств. Поэтому взамен его предложен научно обоснованный низкотемпературный отжиг при 650 °C.

В результате проведения исследований и анализа полученных данных была определена наиболее эффективная технология термической обработки изделий для стали 14X17H2, заключающаяся в следующих процессах:

- ковка заготовок с температурой нагрева начала деформации не менее 1200-950°C;
- отжиг при 660±10 °С;
- закалка с нагревом до 1020±10°C;
- отпуск при 650±10°C;

Данная технология обеспечивает формирование оптимальной микроструктуры и требуемые механические свойства.

Библиографический список

1. **Потак, Я.М.** Высокопрочные стали / Я.М. Потак. – М.: Металлургия, 1972. – 208 с.
2. Материаловедение / Б.Н. Арзамасов [и др.]. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 648 с.

УДК 621.78.07

БАЧИЕВ А.М., ГЛАДКИХ И.В.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПЕЧЕЙ ЦЕХА №9 ДЛЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ В УСЛОВИЯХ АО «НИЖЕГОРОДСКИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД»

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Модернизация – это процесс изменения каких-либо объектов (узлов), находящихся в работоспособном состоянии, путем замены их конструктивных элементов и систем более эффективными.

Модернизация промышленности является одним из главных способов повышения эффективности производства и повышения конкурентоспособности. Объектами модернизации в промышленности могут быть предприятия, технологические процессы и оборудование. Примером повышения эффективности производства является замена устаревших агрегатов новыми, которые позволят использовать новые технологии в производственной цепочке.

В настоящей работе рассматривалась модернизация оборудования обрубного участка литейного цеха АО «Нижегородский машиностроительный завод» для термической обработки алюминиевых сплавов с целью повышения эффективности производства, а также поиска и решения технологических проблем.

При проведении анализа технологических процессов и оборудования, используемых на предприятии, изучения их производительности и эффективности, был выявлен ряд проблем, связанных с отсутствием мощности для проведения термообработки стали, низким качеством проводимой термической обработки алюминиевых сплавов, обусловленных значительным износом оборудования. Установлено, что для термической обработки алюминиевых сплавов в настоящее время используются две шахтные печи типа СШЗ-10.10/7. Эти печи предназначены для термической обработки изделий из алюминия в защитной атмосфере при температурах не более 700 °С и обеспечивают выполнение следующих технологических операций: нагрев алюминиевых заготовок под закалку 545 °С; выдержку под закалку при температуре 545 °С, в течение 1 - 3 ч; нагрев и выдержку алюминиевых заготовок под отжиг 300-500 °С с последующей выдержкой 1 - 2 ч. Шахтные печи на предприятии эксплуатируются с 1985 г, хотя средний срок службы электропечи, согласно паспорту, составляет 6 лет. Кроме того, наблюдаются проблемы с автоматическим регулированием работы печи, что значительно усложняет контроль технологических параметров термической обработки алюминиевых сплавов.

В качестве мер, направленных на повышение технико-экономических показателей работы печей СШЗ-10.10/7, был предложен ремонт печей с полной заменой футеровки и нагревателей. Проведенный предварительный расчет параметров работы печей выявил, что предложенные мероприятия не достаточны и неэффективны, вследствие износа узлов печей. По-

этому была предложена замена печей СШЗ-10.10/7 на шахтные печи серии ПШО 785/700, производство компании «Термал», Россия. Данная печь имеет ряд существенных преимуществ, заключающихся в том, что установка данных печей не потребует перепланировку участка и может быть произведена в короткие сроки.

В результате проведенной экономической оценки стоимости ремонта устаревшего оборудования и замены на новое оборудование для термической обработки алюминиевых сплавов, а также оценки его экологической безопасности, установлена перспективность предложенных в работе вариантов модернизации обрубного участка литейного цеха АО «Нижегородский машиностроительный завод».

УДК 621.74

БУТЕР Е.Ю., КОРОВИН В.А.

ВОЗМОЖНОСТИ ФИЛЬТРОВАНИЯ РАСПЛАВОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Важнейшей задачей металлургии является осуществление научно обоснованного подхода к разработке рациональных ресурсосберегающих технологий при фильтровании расплава.

Фильтры бывают различной формы, размеров и состоят из разных материалов, которые специально подобраны для каждого конкретного применения. Различные сплавы имеют разные температуры заливки и, поэтому, вызывают разные величины теплового удара на фильтр. Некоторые фильтры не способны выдерживать определенные величины тепловых ударов и вследствие этого разлагаются или разрушаются раньше, чем форма будет заполнена. В результате этого нарушается процесс фильтрации, а также появляются новые включения от разрушенного фильтра. Высокие температуры заливки, используемые в стальном и чугунном литье (до 1610 °С... 1690 °С), представляют трудности для литейных заводов. При фильтрации чугунных и стальных расплавов необходимо использовать прочные фильтры из оксида циркония или оксида алюминия с добавками оксида циркония, оксида кальция, оксида иттрия, муллита, шпинелей и других керамических материалов, улучшающих стойкость фильтра от воздействия теплового удара.[1] Предварительный нагрев фильтров также является способом уменьшения величины теплового удара. При нагреве фильтра возникает намного меньший температурный градиент между фильтром и металлом, в результате чего уменьшается вероятность разрушения фильтра. Пенокерамические фильтры (часто их называют пенокерамические фильтры с сетчатым каркасом) имеют множество пор разного размера и произвольной ориентации. Эти фильтры похожи на резиновую губку. При прохождении сквозь этот фильтр струя расплава встречает препятствие, в результате чего изменяет направление. Вследствие изменения направления струи, а также дополнительного трения, происходит фильтрация расплава и снижается скорость истечения расплава. При обычных условиях температура разлива составляет 1470°С, однако при применении фильтра она была увеличена и составила 1550°С, таким образом перегрев расплава над температурой ликвидус составил 210±5°С [2]. Механические свойства металла колец при комнатной температуре, полученного с помощью технологии фильтрации, находятся на одинаковом уровне с металлом, выплавленным по обычной технологии. Однако на прутке диаметром 260 мм наблюдается существенный рост комплекса механических свойств на уровне от 4 до 35%.

Таблица 1. Сравнительный анализ комплекса механических свойств

Вид продукции	Вид технологии	Механические свойства по AMS	при комнатной температуре			
			Временное сопротивление, МПа	Предел текучести, Мпа	Относительное удлинение, %	Относительное сужение, %
			σ_B	$\sigma_{0,2}$	δ	ψ
			1276	1034	12	15
ОМЮ-143Б	С ПКФ	Среднее	1344,78	1142,7	21,25	34,333333
	Без ПКФ	Среднее	1342,59	1127,4	19,6765	36,941176
		Разница	2,18954	15,255	1,57353	-2,607843
Ø260	С ПКФ	Среднее	1397	1211,5	22	46,5
	Без ПКФ	Среднее	1339,33	1127,5	16,25	29,666667
		Разница	57,6667	84	5,75	16,833333

По результатам табл.1 установлено, что фильтрация металла через пенокерамический фильтр позволяет существенно снизить содержание вредных примесей в сплаве. Наиболее высокий эффект достигнут по снижению удаления газов на 20-30%

Библиографический список

1. Сидоров, В.В. *Металлургия литейных жаропрочных сплавов: технология и оборудование* / В.В.Сидоров, Д.Е. Каблов, В.Е. Ригин; под общ.ред. Е.Н. Каблова. – М.: ВИАМ, 2016.
2. Развитие процесса направленной кристаллизации лопаток ГТД из жаропрочных сплавов с монокристаллической структурой / Е.Н. Каблов [и др.] // *Авиационные материалы и технологии*. 2012.

УДК 669

ВОРОНЦОВА Е.П., ХЛЫБОВ А.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НИЗКОЛЕГИРОВАННОЙ ТРУБНОЙ СТАЛИ В ПРОЦЕССЕ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящий момент транспортировка газа от месторождений до конечного потребителя включает в себя более 250 тыс. км магистральных газопроводов. Общее техническое состояние линейной части данных газопроводов каждый год ухудшается, их эксплуатационный ресурс практически исчерпан. Срок эксплуатации многих газопроводов превысил проектные 30 лет. Проблема обеспечения надежной эксплуатации газопроводов, в особенности газопроводов, эксплуатирующихся в суровых природно-климатических условиях, где интервал температур колеблется от +40°С – в летний период, до -60°С – в зимний период, связана с увеличением риска аварий и отказов. Различные инциденты все чаще происходят в связи с изменениями механических свойств металла труб по истечении времени, потерь пластичности при низких температурах. Это ведет к значительным экономическим потерям и серьезным экологическим последствиям. Объективный прогноз остаточного ресурса трубопроводов возможен при наличии глубокого понимания физики явлений и процессов, протекающих в материалах труб в процессе эксплуатации [1,2].

Для металлоконструкций, эксплуатирующихся в условиях низких климатических температур, одним из основных требований является обеспечение хладостойкости материала. Термин хладноломкость показывает, что наиболее эффективным фактором, приводящим к хрупкому разрушению, является понижение температуры, хотя, как известно, явление хрупкого разрушения может проявляться также и при положительной температуре. Хладно-

ломкость не является свойством постоянно присущим твердому телу, она зависит от условий работы и напряженного состояния [3].

В данной работе представлены результаты экспериментального исследования влияния длительной эксплуатации при отрицательной температуре на изменение механических свойств низколегированной трубной стали 09ГС2, полученные при следующих экспериментах: металлографический анализ, механические испытания на растяжение, испытания на ударный изгиб при различных температурных условиях, измерения микротвердости.

В ходе проделанной работы было выявлено, что в процессе эксплуатации характеристики прочности ($\sigma_B, \sigma_{0,2}$) исследованной стали имеют тенденцию к увеличению значений. При этом наблюдается снижение характеристик пластичности и охрупчивание металла. Происходит снижение показателей ударной вязкости стали во всем диапазоне температур испытания. С увеличением срока эксплуатации механизм разрушения меняется с практически вязкого на преимущественно хрупкий. Это можно объяснить изменением субструктуры и деградацией свойств, вследствие деформационного старения. Также была установлена зависимость смещения критической температуры перехода металла в хрупкое состояние T_{50} в сторону более высоких температур.

Библиографический список

1. **Большаков, А.М.** Хладостойкость трубопроводов и резервуаров Севера после длительной эксплуатации: автореф. дис. ... д-ра техн.наук: 01.02.06 / Большаков Александр Михайлович. – М., 2009. – 36 с.
2. Проблемы старения сталей магистральных трубопроводов: сб. тр. научно-практического семинара/ под общ. ред. Б.В.Будзуляка и А.Д. Седых; науч. ред. В.Н. Чувильдеев. – Н. Новгород: Университетская книга, 2006. – 220 с.
3. **Большаков, А.М.** Проблемы повышения эксплуатационной надежности линейных магистральных газопроводов в условиях криолитозоны / А.М. Большаков, Я.М. Андреев// Газовая промышленность. – 2018. - №5. – С. 62-66.

УДК 621.74.043 (088.8)

ГУЛЯЕВ Н.А., ЯРОВАЯ Е.И.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИНАМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ТЕРМОПЛАСТЫ В ПРОЦЕССЕ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В процессе затвердевания при литье под давлением термопластов изделия неизбежно сопровождаются усадкой, что приводит к внешним и внутренним дефектам, снижению размерной точности, ухудшению механических и эксплуатационных свойств изделия. Термопласты с частично кристаллической структурой обладают наибольшей усадкой 0,8 – 8% [1], ввиду того, что температурные коэффициенты объемного и линейного расширения велики.

Известные способы снижения процента усадки с помощью регулирования температуры формования, увеличения выдержки под давлением [1], поддержания равномерного температурного поля пресс - формы, изменения конструкции литниковой системы [2] не дают значимых и стабильных результатов, поэтому проблема снижения усадки литых изделий из термопластов является актуальной.

С целью уменьшения усадки предлагается обеспечить локальную и объемную допрессовки в процессе затвердевания термопласта в пресс - форме, а также сформировать дополнительный объем пластика, равный по величине его объемной усадке при затвердевании; данные задачи решаются с помощью конструкции пресс - формы, представленной на рис. 1.

Гидроцилиндры допрессовки 18 обеспечивают объемную допрессовку пластика в пресс - форме в процессе затвердевания. Стержни локальной допрессовки 21 обеспечивают

наложение дополнительного давления на пластикат в процессе затвердевания на наиболее термически нагруженных участках. Микрометрическое устройство 24 позволяет точно заполнить зазор 25, который формирует дополнительный объем пластиката, равный по величине его объемной усадки при затвердевании.

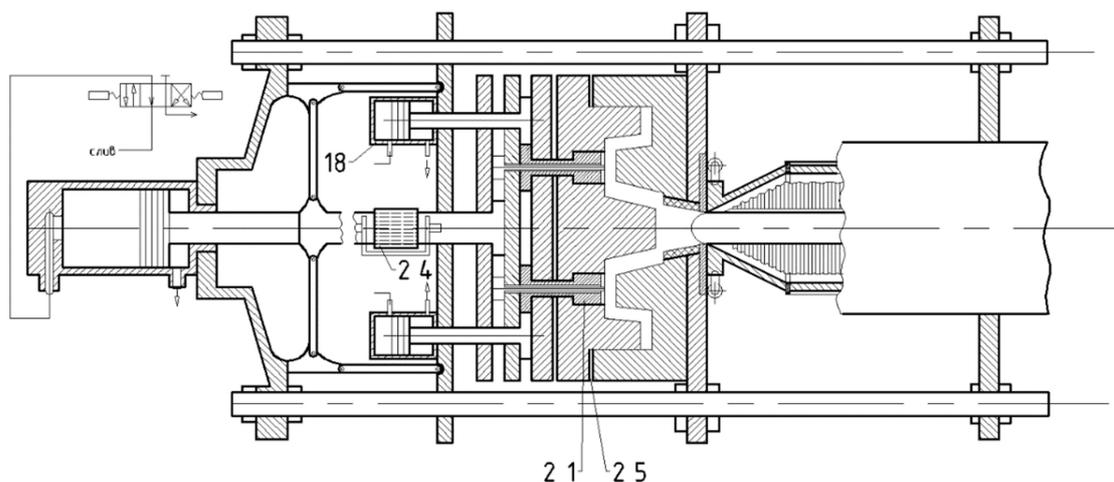


Рис. 1. Схема конструкции пресс – формы

Использование наложения локального и объемного давления на затвердевающий термопласт при литье под давлением, осуществляемого за счет более совершенной конструкции пресс – формы, а также правильно выбранные параметры технологического процесса (ширина зазора, момент и продолжительность наложения давления, значение давления) позволят существенно сократить усадку, что повысит качество литых изделий.

Библиографический список

1. **Бортников, В.Г.** Основы технологии переработки пластических масс: учеб. пособие для вузов / В.Г. Бортников. – Л.: Химия, 1983. – 304с., ил.
2. **Басов, Н.И.** Контроль качества полимерных материалов/ Н.И. Басов, В.А. Любартович, С.А. Любартович; под ред. В.А. Брагинского: – 2 -е изд., перераб. – Л.: Химия, 1990. – 112 с.

УДК 666.65

ГУСЕВ Д.С., ЯРОВАЯ Е.И., ГУСЕВ Г.А.

АНАЛИЗ LTCC-ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ ДЛЯ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

Филиал ФГУП РЯЦ ВНИИЭФ "НИИИС им. Ю.Е. Седакова"

Современными тенденциями развития отечественной элементной базы радиоэлектронной аппаратуры специального назначения являются: миниатюризация, увеличение эксплуатационной надежности и функциональных возможностей НЧ, ВЧ и СВЧ компонентов, что привело к росту объемов производства изделий из многослойной керамики. Технология низкотемпературной совместно спекаемой керамики (LTCC - Low Temperature Cofired Ceramics) является недорогим и эффективным технологичным решением для создания широкого класса изделий радиоэлектроники [1].

Преимущества компонентов, выполненных по технологии LTCC [2]: компактные размеры и прочность конструкции; высокие технические характеристики и надежность (высокая добротность и низкие диэлектрические потери до 100 ГГц, контролируемый импеданс цепей,

химическая и радиационная стойкость, герметичность конечных сборок); расширенный (по отношению к многослойным печатным платам) диапазон рабочих температур и механических нагрузок (термическая стабильность до 600°C); низкая стоимость.

Многослойные керамические изделия радиоэлектроники первоначально изготавливались из оксида алюминия Al₂O₃ (High Temperature Cofired Ceramic - HTCC-технология). Данный материал обжигался при высоких температурах (T≥1500°C), поэтому слои металлизации выполнялись только из тугоплавких металлов – вольфрама и молибдена, что вносило ряд ограничений в функциональные возможности приборов. Развитие технологии LTCC (керамика смешивается со специальными стеклами) позволило снизить температуру обжига до 800-900°C. Металлизация в таких системах выполняется из металлов с низким удельным электрическим сопротивлением, таких как серебро, медь и золото. Типовой профиль обжига LTCC-керамики (рис. 1) включает в себя сушку при 450⁰С и обжиг при температуре 850⁰С.

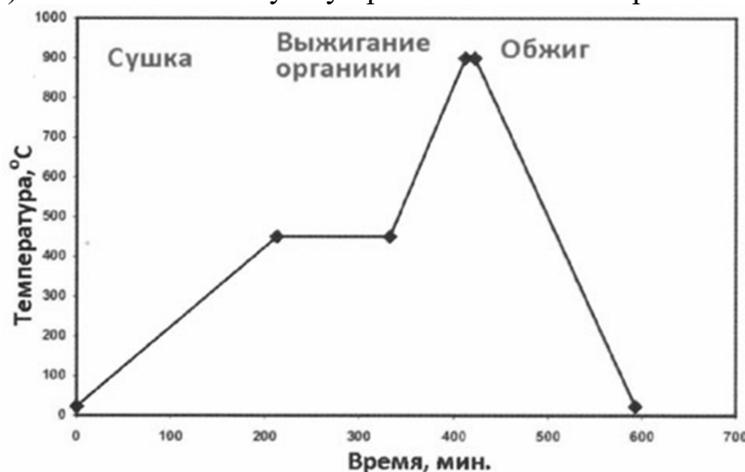


Рис.1. Типовой профиль обжига LTCC керамики

Кристаллизация наступает после вязкого спекания, в результате чего образуется плотная керамика. Повторный обжиг оказывает слабое влияние на последующую кристаллизацию, поэтому LTCC-керамика может многократно выдерживать процесс термообработки. Основные характеристики LTCC-керамик ведущих мировых производителей представлены в таблице.

Таблица 1. Характеристики LTCC-керамик ведущих мировых производителей

Производитель	«Ferro» (США)	«DuPont» (США)	«КЕКО» (Словения)
Химический состав	48% Si, 47% Ca	76% Al, 9% Ca, 7,5% Ti (42%Al, 47% Si, 7% Ca)	Al, Si, Ca
Диэлектрическая проницаемость	5,9 – 6,0 на 10 ГГц	7,5 (7,8) на 10 ГГц	6,9 – 7,3 на 10 ГГц
Диэлектрические потери	2,0 на 10 ГГц	1,0 (1,5) на 10 ГГц	5,9 ± 0,2 на 10 ГГц
Линейный коэффициент термического расширения (°C ⁻¹)	7,0 – 8,0	6,0 (5,8)	6,9
Теплопроводность, Вт/(м·К)	2,0	4,4 (3,0)	2,9
Модуль Юнга, ГПа	92	149 (152)	170
Прочность на изгиб, МПа	160 - 170	230 (320)	200
Совместимость с материалом проводников	Au, Ag	Pd/Ag, Ag	Pd/Ag, Au/Pt/Pd

Стабильная и соответствующая норме усадка керамики после обжига является ключевым параметром технологии LTCC. При непостоянной усадке будут неконтролируемо "уходить" геометрические размеры изделия, кроме того, отличие усадки от заданных значений

свидетельствует об изменении структуры материала, определяющей его механические и электрические свойства. Может ухудшиться герметичность керамики, снизиться сопротивление изоляции, напряжение пробоя, могут выйти за пределы допусков другие электрические параметры.

Обеспечение заданного термопрофиля в процессе сушки и обжига, контролируемый поток предварительно подогретого воздуха, стабильность температуры по сечению канала печи обжига являются необходимыми условиями обеспечения качества готовых изделий из многослойной ЛТСС керамики и предъявляют высокие требования к нагревательным установкам. Анализ современных методов получения высококачественных керамических изделий показал [3], что применение высокоскоростных методов нагрева (высокочастотных, электроимпульсных) позволяет управлять структурой керамики, обеспечивает однородность, отсутствие дефектов, стабильность свойств, существенно сокращает технологический цикл изготовления.

Библиографический список

1. **Черных, В.** Направления развития изделий из специальной керамики для производства электронной техники в России / В. Черных, С. Чигиринский // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес. 2012. № 4. С.176-182.
2. **Черных, В.** Возможности ЛТСС-технологии для уменьшения теплового сопротивления мощных высоконадежных КИМП / В. Черных, С. Чигиринский // Силовая электроника. 2012. №5. С.12-16.
3. **Тожита, М.** Настоящее и будущее технологий спекания керамики в связи с разработкой метода электроимпульсного плазменного спекания (ЭИПС) // Российские нанотехнологии. 2015. Т. 10, №3-4. С. 80-85.

УДК 621.791

ЕВЛАМПЬЕВ В.Н., ЖИЛИН П.Л., КОШУРИНА А.А., УГЛОВ Н.С.

ПРИМЕНЕНИЕ НАПЛАВКИ И НАПЫЛЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время в сельскохозяйственной отрасли предприятия несут экономические потери из-за ускоренного износа рабочих органов почвообрабатывающей, зерноуборочной и посевной техники.[1] В восстановлении и упрочнении нуждаются: диски культиватора сплошные и с вырезами, лапки стрельчатые, чистики, лемеха. Анализ условий работы различных деталей сельхоз. машин показывает, что основными видами износа являются абразия, адгезия, поверхностное разрушение и трибохимические реакции. Проведен анализ процента износа широкой номенклатуры деталей, выявлен их химический состав, составлена база данных, в которую включен идентификационный номер деталей, наименование детали, процент износа, срок службы до выбраковки и возможные методы восстановления изношенных и упрочнения новых деталей.

При выборе методов восстановления и поверхностного упрочнения предпочтение было отдано композиционным наплавочным материалам на основе NiCrBSi + WC. Рассмотрели также варианты применения покрытых электродов, порошковых проволок, специальных сферических порошков для лазерной наплавки, плазменно-порошковой наплавки, плит с порошковым покрытием и др.[2] Наплавлена опытная партия деталей, получены результаты натуральных испытаний деталей, упрочненных методом газоплазменного напыления с последующим оплавлением. Изготовлена партия деталей, упрочненных методом лазерной наплавки и лазерного термоупрочнения.

Одновременно произведен анализ результатов с применением машин трения по методике ASTM G65, результаты представлены на рис. 1.

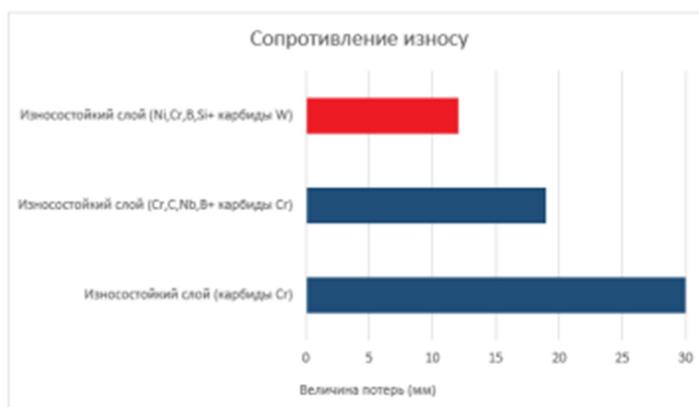


Рис.1. Сопротивление износу различных материалов

Работа выполнена в НГТУ им. Р. Е. Алексеева при финансовой поддержке государства в лице Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках договора №14.Z50.31.0036. Тема: «Создание научной лаборатории композиционных и керамических материалов с применением к Арктическим транспортным средствам (LCCM)».

Библиографический список

1. Гуляев, В.П. Сельскохозяйственные машины: Краткий курс / В.П. Гуляев. – М. : Машиностроение, 2018.– 240 с.
2. Хасуи, А. Наплавка и напыление / А. Хасуи, О. Моригаки. – М.: Издательство «Лань», 1985. – 238 с.

УДК 621.74

ЗОБКОВ А.С., ЛЕУШИНА Л.И.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ АУДИТ ПРОИЗВОДСТВА ТОЧНОГО СТАЛЬНОГО ЛИТЬЯ В УСЛОВИЯХ АО «НИЖЕГОРОДСКИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД»

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Технологический аудит является одним из основных методов анализа объекта исследования. Объектом исследования могут являться: одна технология, несколько технологий, несколько проектов, организация, регион. В нашем случае рассматривается технологический аудиторганизации.

Технологический аудит организации проводится с целью выявления присутствующих проблем на предприятии, а также поиска их решения, утверждения плана действия предприятия и его реализации. Данными проблемами могут выступать: устаревшее оборудование, плохая квалификация кадров, неэффективные технологии производства и т.д.

Менеджмент современных предприятий проводит экспертизу с различными целями, начиная от оценочной стоимости производства отливки и заканчивая оценочной стоимостью переоснащения производства, а также внедрения новых технологий производства на предприятии с предварительным технико-экономическим обоснованием.

Аудит литейного производства все чаще востребован при составлении инвестиционных замыслов и стратегических планов, а также при выполнении программ по повышению качества продукции.

Был разработан авторский алгоритм проведения технологического аудита участка точного литья на машиностроительном предприятии, включающий в себя сбор первичной информации о металлургической отрасли и рассматриваемой компании, подготовку анкет, опросных листов и планов интервью, проведение анкетирования и опроса среди сотрудников

на предприятии, проведение оценки текущего состояния технологий и оборудования, организационно-управленческих и производственно-технологических процессов, объектов интеллектуальной собственности, научного потенциала и т.д., обобщение и предварительный анализ полученной информации, и разработку рекомендаций для производства по результатам технологического аудита и подготовку отчета.

При проведении технологического аудита основной целью являлась проверка технологических процедур, методов и процессов, применяемых на предприятии, с целью изучения их производительности и эффективности, а также анализ и выявление проблем, присутствующих на производстве, с целью последующей разработки методов их устранения и повышения эффективности и производительности предприятия.

Во время проведения оценки текущего состояния используемой технологии изготовления отливок было проведено моделирование процесса получения отливки по базовой технологии, в ходе чего были разработаны и предложены альтернативные технологии получения отливок, описаны преимущества и недостатки предложенных технологий по сравнению с базовой.

Во время проведения опроса, анкетирования и оценки текущего состояния оборудования на предприятии были выявлены проблемы, существующие продолжительное время. Были предложены варианты решения данных проблем с обоснованием преимуществ и недостатков тех или иных вариантов.

Проведены экономическая оценка стоимости замены устаревшего оборудования, а также оценка экологической безопасности производства отливок методом точного литья на предприятии, доказавшие перспективность предложенных в работе вариантов реализации технологического процесса получения отливки.

УДК 621.742.48

ИВШИН К.А., МАСЛОВ К.А.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЛИТЕЙНЫХ СТЕРЖНЕЙ ПО COLD-BOX-AMIN-ПРОЦЕССУ С ЦЕЛЬЮ УЛУЧШЕНИЯ ВЫБИВАЕМОСТИ В УСЛОВИЯХ ООО «ЛИТЕЙНЫЙ ЗАВОД «РОСАЛИТ», Г. ЗАВОЛЖЬЕ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время в металлургическом производстве главным показателем стало качество продукции, а не ее количество. На качество отливки указывают такие показатели, как точность по химическому составу и структуре, высокие значения физических и механических свойств, а также минимальные механические обработки после отливки детали. Одним из процессов, влияющих на качество, является выбивка. На производственном участке ООО «Литейный завод «РосАЛит» стадии выбивки наблюдается повышенное количество брака и потери энергетических ресурсов, вследствие чрезмерно длительной продолжительности данного процесса [1]. Для устранения данной проблемы необходимо произвести обновление технологии и оборудования на производстве.

Данный проект имеет цель – сокращение брака при выбивке готовой отливки из формы, а задача заключается в том, чтобы провести модернизацию участка.

Для решения поставленных целей и задач существуют различные методы, зависящие от выбранной технологии. Пониманию основополагающих принципов способствуют труды Д.Л. Кудина, Б.В. Курлкевича, М.А. Садохи, Г.В. Чистякова [2]. Для сбора аналитических данных по внедряемым изменениям в технологию, воспользуемся опытом предприятия ООО «Могилевский литейный завод».

Началом научно-исследовательской работы является выдвигаемая гипотеза. Она заключается в том, что изменив компонентный состав для стержневой смеси, адаптировав под алюминиевое литье, в производстве стержней по Cold-box-amine-процессу снизить энергетические затраты на выбивку в n раз.

На первом этапе проекта проходит поиск причин брака в имеющейся технологии на предприятии ООО «Литейный завод «РосАЛит». Следующий этап основывается на разработке мероприятий по модернизации и усовершенствованию технологии и оборудования. Третий этап заключается в расчете требуемых затрат на внедрение и реализацию проекта, экономический эффект и экологическую ситуацию после внедрения. Завершающим этапом является изменение технологии (усовершенствование) и модернизация оборудования с учетом потребностей предприятия.

Результатом реализации проекта будет являться соотношение количества брака до и после внедрения, а также эффект от снижения энергетических затрат. При удовлетворяющей реализации проекта и достижения цели и задачи, предприятие ООО «Литейный завод «РосАЛит» снизит экономические затраты, тем самым стабилизирует ситуацию, что позволит вести уверенную конкуренцию на рынке.

Библиографический список

1. Жуковский, С.С. Прочность литейной формы / С.С. Жуковский. - М: Машиностроение, 1989. - 288 с.
2. Производство сложных корпусных алюминиевых отливок методом литья в кокиль с применением песчаных стержней, изготовленных по COLD-BOX-AMIN-процессу / Д.А. Кудин [и др.] // Литье и металлургия. 2005;(2-1):145-149.

УДК 669.2

КИМ А.А.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ФИЛЬТРАЦИОННОГО РАФИНИРОВАНИЯ ЖАРОПРОЧНЫХ НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ ПРИ ВАКУУМНО-ИНДУКЦИОННОЙ РАЗЛИВКЕ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Высокие требования к качеству отливок из жаропрочных никелевых сплавов, применяемых в авиационной, космической и других ответственных отраслях промышленности, призывают к необходимости совершенствования технологических процессов, проходящих во время вакуумно-индукционной плавки и разливке, с целью обеспечения снижения содержания вредоносных неметаллических включений и газов.

С целью снижения загрязненности расплава неметаллическими включениями – на предприятиях прибегают к плавке в вакуумно-индукционных печах с использованием промежуточной разливочной емкости с встроенными фильтрующими элементами, а также дополнительными керамическими перегородками [1]. Известно, что использование фильтров, особенно пенокерамики, в процессе разливки жаропрочных сплавов позволяет эффективно очищать расплав от шлаковых и неметаллических включений – оксидов, нитридов, сульфидов и прочих. Для фильтрационного рафинирования металлических расплавов от неметаллических включений применяются следующие типы фильтров: сетчатые, зернистые и керамические фильтры

Фильтры из пенокерамики (связанной или плавленной керамики) - изготавливают путем нанесения керамического шликера на вспененный полимер с последующим обжигом. Макроструктура пенокерамического фильтра представляет собой отросчато-расположенные поры с перешейками между ними. В отличие от прочих фильтров, пенокерамические характеризуются случайным распределением размеров пор. Благодаря такой структуре, они, в от-

личие от двухмерных фильтров, могут задерживать включения микронных размеров [2]. Такое уникальное свойство является неоспоримым преимуществом керамических фильтров над другими видами фильтров.

Эффективность фильтрации расплавов во многом зависит от режима течения потока расплава: ламинарного или турбулентного. Для каждого вида течения существует критическое число Рейнольдса, которое определяет переход от ламинарного течения к турбулентному. Увеличение скорости течения потока расплава может негативно повлиять на качество фильтрации, в связи с этим конструкция разливочной емкости предполагает установку керамических перегородок [3].

Из перечисленного следует, что для снижения уровня загрязненности никелевых сплавов неметаллическими включениями необходимо выбрать оптимальный вариант конструкции перегородок в разливочной емкости, а также подходящий способ установки фильтров в разливочную емкость. Предполагается что данные мероприятия позволят снизить загрязненность неметаллическими включениями на 20%.

Библиографический список

1. Оптимизация гидродинамических характеристик промежуточного ковша УНРС с целью удаления экзогенных неметаллических включений / А.В. Куклев [и др.] //Металлург. 2004. №4. – С. 47 – 50.
2. Повышение качества никелевого сплава фильтрацией через пенокерамический фильтр / А.И. Демченко [и др.] // Литейщик России. 2019. №6. - С. 29 - 34.
3. **Гушин, В.Н.** Математическое и физическое моделирование теплофизических процессов в металлургии/ В.Н. Гушин, В.А. Ульянов, В.А. Васильев; – Нижегород. гос. техн. ун-т. Н. Новгород, 2014. – С.43-48.

УДК 621.745

КОНСТАНТИНОВ И.В., ЧЕБЕРЯК О.И.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ЛИТЫХ ЗАГОТОВОК ИЗ ЧУГУНА С ВЕРМИКУЛЯРНОЙ ФОРМОЙ ГРАФИТА В УСЛОВИЯХ ПРЕДПРИЯТИЯ ПАО «ГАЗ», г. Н. НОВГОРОД

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Одной из актуальных проблем литейного производства является получение литых заготовок из чугуна с вермикулярной формой графита (ЧВГ), имеющих стабильную структуру по сечению отливки и свойства.

В условиях предприятия ПАО «ГАЗ» г. Н. Новгорода литые заготовки из ЧВГ изготавливают путем использования магнийсодержащего модификатора, который после дозирования в ручную, располагают в реакционной камере литниковой системы литейной формы, т.е. так называемое «внутриформенное модифицирование», или «Inmold»-процесс. По данным предприятия, используемый способ модифицирования расплава не дает стабильного получения оптимальной литой структуры в отливках, приводя либо к увеличению доли шаровидного графита, либо к катастрофическому росту доли пластинчатого графита. Отклонение от оптимального инокулирования ухудшает равномерность распределения графита, снижая однородность структуры.

Существующая практика изготовления отливок из ЧВГ 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 ЧВГ 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 (металлоемкость формы); температуры металла; температуры ковша и скорость его заполнения; время разливки ковша и др.

Используемый на предприятии метод введения модификатора не всегда отвечает предъявляемым требованиям к литой структуре в отливках, так как не всегда получается учесть все параметры, описанные выше, что не редко приводит не только к снижению качества отливок, но и к браку литья. Необходимо отметить, что дефекты структуры не всегда можно обнаружить при проведении проверки качества изделия.

В соответствии с вышеизложенным можно сформулировать следующие задачи исследования:

- анализ структуры изделий из ЧВГ получаемых в условиях ПАО «ГАЗ»;
- влияние методов модифицирования на стабильность получаемой структуры и качество получаемых литых заготовок;
- анализ возможных путей повышения качества отливок из ЧВГ получаемых на ПАО «ГАЗ».

Библиографический список

1. Детали машиностроения из чугуна с вермикулярным графитом: свойства, технология, контроль: тезисы докладов МНТК, (Набережные Челны, 17–18 октября 2017 г.) / под ред. А.Г. Панова. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2017. – 97 с.
2. **Гуртовой, Д.А.** Формирование вермикулярного графита в чугуне при переменном содержании серы в расплаве // М: Литейное производство, 2016, №5. – С. 2-3
3. **Панов, А.Г.** Стабильное модифицирование высокопрочных чугунов. Метод, модификаторы, технологии // LAP LAMBERT Academic Publishing. – Saarbrücken, Deutschland, 2013. – 342 с.

УДК 620.186.5

МАЛИКОВА А.Т.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРОЦЕССА ОХЛАЖДЕНИЯ ШТАМПОВОЙ СТАЛИ 5ХНМ В ВОДОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Развитие производства штампового инструмента в настоящее время направлено на поиски оптимизации и совершенствования технологических процессов, обеспечивающих повышение качества выпускаемой продукции при минимизации экономических затрат.

Штамповый инструмент для объемного горячего деформирования работает в условиях ударных нагрузок и циклического воздействия перепадов температур. Материал для изготовления штампового инструмента должен обладать высокими прочностными свойствами вкпе с ударной вязкостью, разгаростойкостью, теплостойкостью и износостойкостью [1].

Применение закалки в водовоздушной смеси, взамен широко используемой в настоящее закалки в масле, позволит получить необходимые физико-механические свойства штампового инструмента и снизить затраты на технологический процесс, исключая из цикла изготовления изделия такую операцию, как промывка, что также приведет к уменьшению производственных площадей, занимаемых оборудованием [2].

Влияние различных режимов охлаждения в водовоздушной смеси на прокаливаемость, остаточные напряжения и микроструктуру штамповой стали 5ХНМ изучалось на образцах призматической формы, температура нагрева которых составляла 850 °С. Режимы охлаждения образцов в водовоздушной смеси варьировались в зависимости от изменения давления воздуха и расхода воды. Исследование микроструктуры проводилось при помощи металлографического анализа, остаточных напряжений – рентгеноструктурного анализа. Полученная после различных видов водовоздушного охлаждения микроструктура штамповых сталей сравнивалась со структурой, полученной после традиционной закалки в масле.

В результате исследований было установлено:

- 1) получение необходимой скорости охлаждения штамповой стали 5ХНМ возможно при помощи изменения параметров (давления и расхода воды) водовоздушной смеси;
- 2) прокаливаемость штампов можно регулировать в процессе охлаждения в водовоздушной смеси при помощи поддержания постоянной температуры поверхности штампа;
- 3) структура, полученная после водовоздушного охлаждения, аналогичного по скорости охлаждению в масле, соответствует предъявленным требованиям к микроструктуре штампового инструмента.

Библиографический список

1. **Тылкин, М.А.** Штампы для горячего деформирования металлов / М.А. Тылкин. – М. : Высш. шк., 1977. – 496 с.
2. **Рябов, Д.А.** О перспективе применения водовоздушной смеси для охлаждения молотовых штампов / Д.А. Рябов, А.А. Хлыбов, К.А. Минков // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2018. - №1. – С. 196 – 203.

УДК 669.2/.8

МЕДВЕДЕВ Д.Л., ГУЩИН В.Н.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ОТРАЖАТЕЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ ДЛЯ ПЛАВКИ АЛЮМИНИЯ С ЦЕЛЬЮ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА В УСЛОВИЯХ ПРОИЗВОДСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ «РУСАЛ»

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Рост потребности алюминия на международном и российском рынках со временем только растет, но с увеличением роста объемов продукции, растут и требования на его качество. Поскольку, часто алюминий выступает в роле базового материала для строительства воздушных и космических судов, существует необходимость в повышении количества и качества продукции. Увеличение производства часто ведет к затратам на энергоносители разного вида, необходимые для работы печей.

Целью работы является снижение расхода топлива, необходимое для работы печи и рационального использования отходящего тепла. Главной задачей же выступает модернизация отражательной печи.

На сегодняшний день существует ряд методов для достижения поставленных цели и задачи. Для представления о решении данной задачи можно обратиться к исследованиям Эдвин Л. Раух и Gregory M. Gitman о строении регенеративной горелки.

Для расчета математической модели теплового поля и полей скоростей прогрева печи, рационально использование моделирующих программ группы «ANSYS». Для примера в 2000 - 2001 гг. предприятие НПП «Промтепломаш» разработало систему регенеративных горелок и создало на их основе систему отопления промышленных печей. Опытные нагревы показали высокую эффективность примененной системы отопления. Расход топлива снизил-

ся на 45%. Также отмечено повышение степени равномерности прогрева, что привело к снижению расхода электроэнергии при прокатке на 12%. Применение газоплотной системы подачи воздуха на горение позволило отрегулировать процесс горения топлива, что ранее не представлялось возможным, при этом отмечено значительное уменьшение окалинообразования.

На данном этапе научно-исследовательской работы выдвигается гипотеза о том, что выбор оптимальных режимов позволит увеличить КПД использования энергии и, как следствие, сокращение выбросов CO₂, снизить объем выбросов NO_x и CO и уменьшение колебания температуры в процессе работы печи.

Начальным этапом работы является определение недостатков системы теплового режима плавки на производственных площадках компании «РУСАЛ». Последующим этапом выступает усовершенствование имеющейся технологии и модернизация непосредственно самой системы плавки, основанная на результатах расчета, исследования и моделирования тепловых полей. Заключительным этапом служит расчет капитальных затрат на реализацию предложенного проекта, экономическая эффективность от модернизированной системы фильтрационного рафинирования и сравнение выбросов в окружающую среду, влияющих на экологию.

Основным показателем эффективности реализованного проекта выступает показатель расхода газа и время нагрева металла до заданной температуры. В случае успешной реализации поставленной цели и задачи, компания «РУСАЛ» сократит расходы на энергоресурсы и уменьшит выбросы в окружающую среду.

Библиографический список

1. Регенеративная система отопления для нагревательных и термических печей прокатного и кузнечного производства / И.М. Дистергефт [и др.] // *Металлургическая теплотехника* : сб. науч. трудов / Национальная металлургическая академия Украины. Т. 5. — Днепропетровск : НМетАУ, 2002. С. 44 – 57.
2. **Гущин, В.Н.** Математическое и физическое моделирование теплофизических процессов в металлургии / В.Н. Гущин, В.А. Ульянов, В.А. Васильев; – Нижегород. гос. техн. ун-т. Н. Новгород, 2014. – 141 с.

УДК621.745

НИКИФОРОВ В.В., ЧЕБЕРЯК О.И.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ОТЛИВОК ИЗ ВЫСОКОПРОЧНОГО ЧУГУНА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОВШОВОГО МОДИФИЦИРОВАНИЯ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКОЙ В УСЛОВИЯХ ПРЕДПРИЯТИЯ ПАО «ГАЗ»

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В работе рассмотрена возможность оптимизации технологического процесса производства отливок из чугуна с шаровидной формой графита (ЧШГ) с переходом на метод модифицирования порошковой проволокой в условиях предприятия ПАО «ГАЗ».

В условиях предприятия ПАО «ГАЗ» отливки из высокопрочного чугуна изготавливают методом внутриформенного модифицирования (Inmoldprocess).

Литейное производство ПАО «ГАЗ» нацелено на массовое производство литых заготовок, предполагающее использование сложных модельных плит с развитой литниковой системой и расположением нескольких отливок в форме. Как известно [1; 2], применение метода внутриформенного модифицирования в массовом производстве сопряжено с рядом существенных недостатков:

- нестабильная структура по сечению отливки (отливок);
- влияние человеческого фактора при дозировании лигатуры;

- требуется дорогостоящий контроль степени сфероидальности графита в каждой отливке;
- повышенная стоимость литья из-за наличия в форме реакционной камеры, центробежных шлакоуловителей, что снижает выход годного на 10...15%.

На предприятии уже проводились исследования, направленные на получение стабильной структуры ЧШГ в отливках при использовании Inmoldprocess-a. В результате исследований, была изменена форма реакционной камеры, что позволило повысить усваиваемость модификатора. Так же был заменен модификатор, с Lamet, недостатком которого являлся большой расход и стоимость, на ФСМг5. Однако проведенные мероприятия не дали необходимого для предприятия результата.

Для получения стабильной структуры ЧШГ в условиях массового производства отливок предлагается произвести переход с внутриформенномодифицирования чугуна на ковшовое модифицирование расплава порошковой проволокой, что позволит получить ряд технологических преимуществ [1; 3]:

- стабильность структуры ЧШГ в каждой отливке;
- возможность полной автоматизации процесса исключит влияние на процесс человеческого фактора;
- отсутствие пироэффекта и выброса дыма;
- высокая реакционная способность и барботаж металла обеспечит получение более чистого чугуна, будет способствовать однородности графитизации;
- упростится контроль количества подаваемой модифицирующей проволоки;
- более точный контроль остаточного магния.

Аппараты для ковшового модифицирования порошковой проволокой доработанной конструкции могут быть внедрены в действующие технологические потоки, а возможность установить их в непосредственной близости от заливочных тележек на АФЛ, учитывая временную ограниченность модифицирующего эффекта, делает метод еще более привлекательным для литейного производства предприятия.

Библиографический список

1. Опыт освоения ковшового модифицирования высокопрочного чугуна порошковой проволокой / С.М. Шнайдерман [и др.] // Литейное производство. 2009. № 12. С. 16–19.
2. **Зенкин, Р. Н.** Механизм и разновидности модифицирования высокопрочного чугуна // Известия ТулГУ. Сер. Технические науки. 2014. Вып. 1. С. 6–14.
3. Ковшовое модифицирование высокопрочного чугуна порошковой проволокой в условиях литейного завода ОАО «КАМАЗ-МЕТАЛЛУРГИЯ» / В.И. Абрамов [и др.] // Литейщик России. 2011. № 1. С. 6–8.

УДК 621.74

ОГУРЦОВА Е.О., ЛЕУШИНА Л.И.

МОДЕРНИЗАЦИЯ СТЕРЖНЕВОГО УЧАСТКА ЛИТЕЙНОГО ЦЕХА ПАО «ГАЗ»

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

На данный момент рынок и потребитель чаще всего акцентируют свое внимание на качестве металлопродукции. К основным показателям качества отливки относятся соответствие по химическому составу, структуре, высокие показатели физико-механических свойств, а также минимальная механическая обработка после литья. На предприятиях, где производят отливки сложной геометрии, часто встречается брак, вызванный некачественными стержнями, либо нарушением формы при их установке [1]. Для предотвращения данного вида брака используют, в том числе, нанесение защитных покрытий на стержни, различные методы получения стержней, а также автоматизированную технологию производства и уста-

новки их в форму. Главными задачами являются модернизация и автоматизация стержневого участка.

Для достижения поставленных целей и задач существуют множество различных технологий по производству стержней, а также обширный ряд оборудования с полной или частичной автоматизацией производства. Научные труды С.С. Ткаченко, В.С. Кривицкого, Ю.Н. Муравьева, Г.А. Колодия позволяют понять технологические процессы производства стержней [2]. Используя опыт отдельных предприятий, можно провести анализ внедряемой технологии «Фоскон-процесса».

Научно-исследовательская работа позволяет выдвинуть гипотезу о том, что замена Cold-box-amin-процесса на «Фоскон-процесс» позволит улучшить экологическую ситуацию на участке, а также повысит физико-механические свойства стержней. Помимо этого, замена оборудования на более современное будет способствовать увеличению производственных мощностей цеха и повышению качества отливок.

Работа подразделяется на несколько этапов. Первый этап – анализ технологии и оборудования на производственном участке ПАО «ГАЗ» с целью выявления их недостатков. Вторым этапом является разработка вариантов замены или модернизации процессов производства стержней, материалов и оборудования. Следующим этапом будет расчет экономического эффекта данной инновации, а также прогнозирование решения экологической проблемной ситуации на участке. Финальный этап – замена старого оборудования, внедрение нового технологического процесса получения стержней и их модернизация и усовершенствование с учетом потребностей предприятия.

Эффективность проводимых мероприятий по повышению качества продукции будет напрямую зависеть от того, насколько сильно уменьшится количество брака по сравнению с базовой технологией. В случае устранения или доведения этого показателя до минимума, предприятие ПАО «ГАЗ» значительно снизит потери финансовых ресурсов, что в свою очередь улучшит экономическое положение, а также укрепит его позицию на отечественном и мировом рынках как производителя качественного транспорта и комплектующих.

Библиографический список

1. Гуляев, Б.Б. Формовочные процессы / Б.Б. Гуляев, О.А. Корнюшкин, А.В. Кузин. – Л.: Машиностроение, 1987. - 264 с.
2. Ткаченко, С.С. Возрождение технологии формообразования в станкостроении на основе неорганических компонентов / С.С. Ткаченко, В.С. Кривицкий, Ю.Н. Муравьев, Г.А. Колодий // Станкоинструмент. - 2018. - № 1. - С. 62-67.

УДК 669.621

РАЖЕВА К.В., ГЕНЕРАЛОВ А.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ЖАРОПРОЧНОГО НИКЕЛЕВОГО СПЛАВА ВЖ159-ИД С ЦЕЛЬЮ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИИ ОПТИМАЛЬНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Современные жаропрочные никелевые сплавы широко используются при производстве изделий для эксплуатации в сложных температурных условиях в различных отраслях промышленности, так как обладают особым сочетанием повышенного комплекса физико-механических свойств. Это обусловило разработку и производство ряда сложнолегированных сплавов типа ВЖ159-ИД.

Целью работы является разработка технологических процессов, позволяющих обеспечить изделия достаточной технологической пластичностью и одновременно высокими экс-

плутационными свойствами, которые, как правило, проводят методами термического воздействия.

Изготовление образцов из сплава ВЖ 159-ИД и их термическая обработка проведены на ПАО «РУСПОЛИМЕТ». При изготовлении образцов предусмотрены различные температурные интервалы горячей пластической деформации, предварительной и окончательной термической обработки, включающей операции отжига, закалки и 2–4 - кратное старение.

Основываясь на данных из литературных источников и практического эксперимента, была исследована микроструктура и механические свойства образцов из сплава ВЖ 159-ИД после различных режимов термической обработки, которые применяются для получения определенного повышенного требуемого техническими условиями комплекса свойств [1,2].

По результатам исследований установлено, что в микроструктуре сплава ВЖ 159-ИД помимо основной структуры наблюдается выявление структурно-свободных включений, расположенных как по основному матричному γ -твердому раствору, так и по границам зерен. Структурно-свободные выделения в микроструктуре имеют различную форму – в виде глобулярных частиц, а также и частиц кубической формы.

Структурно-свободные выделения сферической формы представляют собой интерметаллиды, содержащие в своем составе элементы Al, Cu, Mo, Nb, C, а частицы кубической формы – это карбидные частицы, обогащенные карбидообразующими элементами Cr, Nb, Mo и другими легирующими элементами.

При термической обработке жаропрочных деформируемых никелевых сплавов на стадии нагрева и выдержки под закалку первичные карбиды MeC частично растворяются, а атомы высвобождающегося углерода диффундируют к границам зерен (области с пониженной энергией). В ходе последующих операций старения на границах зерен образуются упрочняющие их интерметаллиды и карбиды.

По результатам исследований установлено, что основные характеристики структуры сплава: вид микроструктуры, величина зерна, наличие и количество структурно-свободных выделений у образцов из сплава ВЖ159-ИД после 2- или 4- ступенчатого старения идентичны, т.е. возникает вопрос о нецелесообразности применения для сплава ВЖ 159-ИД 4-ступенчатого старения.

Библиографический список

1. **Кишкин, С.Т.** Литейные жаропрочные материалы на никелевой основе / С.Т. Кишкин, Г.Б. Строганов, А.В. Логунов. – М.: Машиностроение, –1987. – 112 с.
2. **Петрушин, Н.В.** Литейные жаропрочные сплавы: энциклопедический справочник / Н.В. Петрушин, И.Л. Светлов, О.Г. Оспенникова. – М., 2012. – С. 42 – 66.

УДК 669

РОМАНОВ А.Д.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ЖИДКОФАЗНОГО ОКИСЛЕНИЯ АЛЮМИНИЕВОГО РАСПЛАВА С ПОЛУЧЕНИЕМ АЛЮМОМАТРИЧНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексева

Среди композиционных материалов наибольшее распространение получили алюмоматричные композиционные материалы (АКМ). При сохранении достоинств алюминиевых сплавов армирование дисперсными частицами или волокнами значительно повышает механические и служебные свойства, практически не влияя на его плотность. При этом метод механического замешивания твердых частиц в расплав наиболее широко распространен благодаря своей простоте и универсальности. Однако данный способ имеет ряд существенных не-

достатков, главные из которых – газонасыщение матричного сплава и низкий уровень связи на поверхности между наполнителем и матрицей.

Для получения АКМ по технологии внутреннего окисления в качестве матричного расплава использовали алюминий марки А6, состав сплава не менее 99,6% Al, не более 0,25 % Fe, не более 0,18 Si. Для проведения процесса внутреннего окисления использовались кислород и кислород-азотная смесь (не менее 95% кислорода) из концентратора.

Ключевым фактором, влияющим на размер частицы Al_2O_3 , являются радиус пузыря в момент отрыва и масса газа в пузырьке, являющаяся функцией от объема и давления, $m = F(V, P)$, где $V = \frac{4}{3}\pi r^3$, где r – радиус пузыря, при этом размер (объем) получаемой частицы оксида алюминия $V = \frac{3 \cdot a^2 \cdot \sqrt{3}}{2} \cdot h$, где a – сторона призмы; h – высота. На рис. 1 показана зависимость получаемой частицы от размера пузырька и давления в нем.

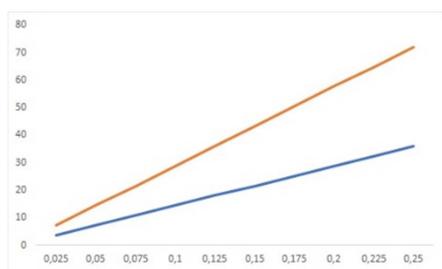


Рис. 1. Диаграмма размер пузырька – размер частиц, при различном размере пузырька и давлении подачи

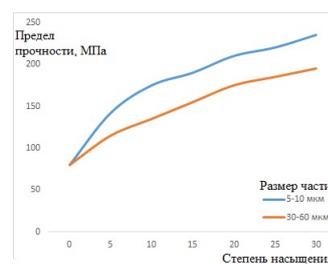


Рис. 2. Влияние размера и степени насыщения на предел прочности при растяжении

На рис. 2 приведена зависимость размера и степени насыщения на предел прочности при растяжении от размера и степени насыщения упрочняющей фазой. Разрабатываемая технология получения АКМ на основе окисления расплава алюминия кислородом позволяет существенно снизить экономические затраты, при этом, в зависимости от технической задачи и требуемых эксплуатационных характеристик, возможна достаточно большая вариативность упрочняющей фазы и соответственно механических свойств, не изменяя в целом конструкции установки. Стоимость получения не зависит от размера упрочняющей фазы. При этом возможно получение АКМ с использованием кислород-азотной смеси из концентратора, что позволит обеспечить дополнительное снижение стоимости изделий.

Библиографический список

1. **Чернышов, Е.А.** Разработка тепловыделяющего элемента на основе высокометаллизированного безгазового топлива / Е.А. Чернышев, А.Д. Романов, Е.А. Романова // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия Машиностроение. 2015. № 6 (105). С. 74-81.
2. Разработка технологии получения алюмоматричного литого композиционного материала с помощью синтеза упрочняющей фазы оксида алюминия в расплаве алюминия / Е.А. Чернышев [и др.] // Известия высших учебных заведений. Порошковая металлургия и функциональные покрытия. 2017. № 4. С. 29-36.

ПОЛУЧЕНИЕ АЛЮМОМАТРИЧНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА, УПРОЧНЕННОГО ПОЛЫМИ КЕРАМИЧЕСКИМИ МИКРОСФЕРАМИ

Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексева

Была исследована возможность упрочнения алюминиевого сплава АК12 полыми керамическими микросферами. Эксперименты были проведены как с классическими микросферами, так и микросферами, покрытыми хромом и карбидом хрома для увеличения адгезии расплава к микросфере.

Полые керамические микросферы предварительно опрессовывали при давлении до 200 атм и использовались только микросферы, выдержавшие испытание. После чего производили рассев по фракциям 40-80 мкм и 100-200 мкм. Для увеличения адгезии металла к сферам использовали химическое газозащитное осаждение – метод МОСVD (Metalorganic chemical vapor deposition).

Алюминиевый сплав плавил и доводили до температуры 750 С в индукционной тигельной печи, навески сфер различного объема предварительно подогревали до температуры не менее 500 С в течение одного часа в муфельной печи в защитной атмосфере (аргон). В расплав сферы вносились устройством перемешивания, также в защитной атмосфере аргона. Разливку полученного сплава осуществляли в стальные разъемные кокиля для получения образцов, предназначенных для проведения испытаний на растяжение по ГОСТ 1497-84, тип IV с диаметром рабочей части 20 мм. После чего производили термическую обработку в соответствии с ГОСТ 1583-93, по режиму Т5 (искусственное старение). В аналогичных условиях производили разливку и термическую обработку образцов сплавов, не насыщенных микросферами (базовые сплавы). Термическую обработку базовых сплавов осуществляли одновременно со сплавами насыщенными микросферами. Испытания на одноосное растяжение образцов проводили на универсальной испытательной машине.

Зависимость предела прочности от степени насыщения сферами приведена на рис 1.

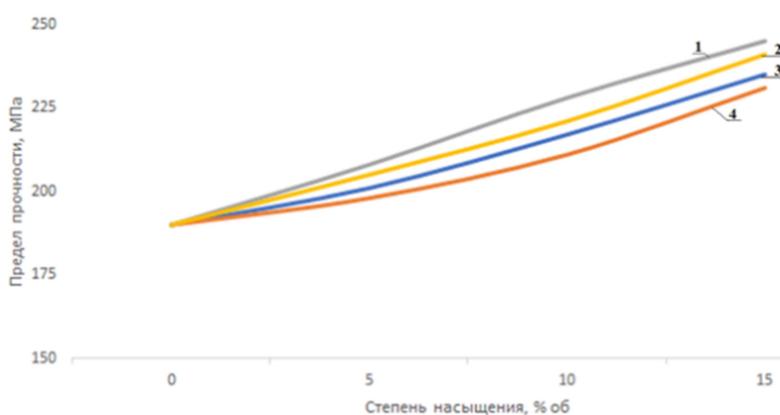


Рис. 1. Предел прочности образцов сплава АК12 Т5:

- 1– сплав, насыщенный полыми микросферами с нанесенным покрытием внешним диаметром 40-80 мкм; 2– сплав, насыщенный полыми микросферами с нанесенным покрытием внешним диаметром 100-200 мкм; 3– сплав, насыщенный полыми микросферами внешним диаметром 40-80 мкм; 4– сплав, насыщенный полыми микросферами внешним диаметром 100-200 мкм

Для сплава АК12 Т5 получен минимальный рост упрочнения до 25 %, при этом в работе [1] показано, что рост предела прочности для сплава А6 составляет 80-120 %, что обу-

словлено эффектом низкой базы, так как предел прочности сплава А6 в литом состоянии составляет 80 МПа.

1. Разработка технологии получения композиционного материала на основе алюминия, упрочненного порошками керамическими микросферами / Е.А. Чернышев [и др.] // *Металлург.* 2018. № 12. С. 50-53.

УДК 355

РОМАНОВ И.Д., РОМАНОВА Е.А., ЧЕРНЫШОВ Е.А.

ОЦЕНКА БАЛЛИСТИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ АЛЮМОМАТРИЧНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МОДЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева

Для сокращения затрат на предварительном этапе работ были предложены и реализованы способы оценки дострельбовой баллистической стойкости образцов из алюмоматричных композиционных материалов (АКМ), полученных внутренним окислением [1]. Первоначально эксперименты проводились с использованием пуль 7Н10, ПС43 ТУС, Б-32, ПАБ-9 и др, а также их сердечников. Однако построение корректной зависимости было затруднено тем, что часть попаданий в испытуемый элемент происходили под углом; были случаи разрушения сердечников (рис 1), к тому же зачастую сердечники пуль имели слегка отличающуюся конфигурацию (рис 2).

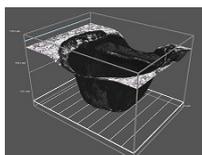


Рис. 1. Пример разрушения сердечника ПАБ-9, 3Д снимок



Рис. 2. Примеры сердечников пуль ПС 43 ТУС с отличиями в геометрии

Поэтому был применен метод высокоскоростного кинетического индентирования. Испытуемый образец обстреливался на стенде шариками 6 и 8 мм, в том числе оснащенными утяжелителями. С использованием микроскопа ЛОМО РВ 21 измерялся диаметр отпечатка шарика. Так как размер отпечатка превышал размер видимой области, для определения диаметра использовалась функция «3 точки, лежащих на окружности» (рис 3). После чего определялся объем кратера. Так как диаметр ударника был сравним с толщиной плиты, возможно было исследовать и повреждение на тыльной стороне плиты, в частности, измерялся размер трещин.

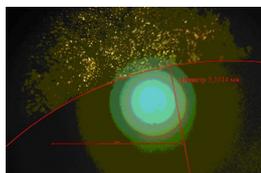


Рис. 3. Пример измерения диаметра отпечатка шарика диаметром 6 мм

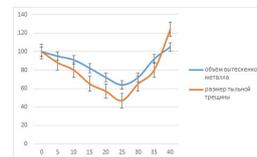


Рис. 4. Оценка объема деформированного и разрушившегося металла

Несмотря на то, что предел прочности АКМ увеличивается со степенью насыщения, как по литературным данным, так и по данным экспериментов, при насыщении свыше 30% резко увеличивается объем кратера (в 2 раза по сравнению со сплавом, имеющим степень насыщения 25%), кроме того, увеличивается объем тыльной выпучены или откола.

Образцы со степенью насыщения свыше 30% практически не реально применять для несущих конструкций, но они перспективны для использования в качестве элементов комби-

нированной брони, так как применение подобных элементов приводит к разрушению броневой сердечника и значительному увеличению «присоединенной массы» и размера повреждения тыльной стороны в зависимости от степени насыщения.

Библиографический список

1. Разработка технологии получения алюмоматричного литого композиционного материала с помощью синтеза упрочняющей фазы оксида алюминия в расплаве алюминия / Е.А. Чернышев [и др.] // Известия высших учебных заведений. Порошковая металлургия и функциональные покрытия. 2017. № 4. С. 29-36.
2. **Чернышов, Е.А.** Развитие материалов для баллистической защиты на основе алюминиевых сплавов / Е.А. Чернышев, А.Д. Романов, Е.А. Романова // Заготовительные производства в машиностроении. 2015. № 10. С.43-47.

УДК 669

СЕНТЮРЕВА В.И., ХЛЫБОВ А.А.

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТАЛИ 20ГЛ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Развитие в Северных и Арктических регионах нефтяной и газовой промышленности, трубопроводного транспорта, а также мостов и железнодорожных путей, определило проблему обеспечения требуемых механических свойств металлоконструкций, используемых в регионах с низкими климатическими температурами. При понижении температуры наблюдаются аварии газо- и трубопроводов, мостов, резервуаров, нефтехранилищ, в зимнее время в этих районах снижается эффективность работы оборудования и транспорта. Аварии по этой причине могут нанести серьезный урон экономике региона и страны в целом, а также приводят к вынужденной остановке эксплуатации трубопровода, железнодорожных путей, запорной арматуры, используемых в нефтяной и газовой промышленности, и создает реальную угрозу безопасности жизнедеятельности человека, проживающего в Северном регионе [1].

Понятие хладноломкость известно достаточно давно, проявляя себя очень активно и на сегодняшний день. Особую актуальность проблема хладноломкости приобрела в связи с освоением Арктических районов.

Существует ряд направлений борьбы с хладноломкостью, они могут осуществляться за счет изменения химического состава, либо воздействия на структуру через режимы термической обработки. Правильно подобранный режим термической обработки позволяет получить нужную структуру стали, при которой наблюдается наилучшее сочетание механических свойств, в том числе и повышение хладостойкости стали.

В данной работе приводятся результаты экспериментальных данных по исследованию влияния режимов термической обработки на механические свойства стали 20ГЛ при отрицательных температурах.

В данной публикации дается методика проведения исследований, используемое оборудование, представлены результаты экспериментального исследования. В комплекс исследований входило: проведение термической обработки, испытания на ударную вязкость, контроль микротвердости, металлографический анализ образцов до и после термической обработки.

На основании проведенных исследований установили, что ударная вязкость стали 20ГЛ после двойной термической обработки, состоящей из нормализации и высокого отпуска, намного выше, чем после термоциклической обработки. С понижением температуры пластичность материала падает, увеличивается значение предела текучести, и перегрузки вызы-

вают резкий рост уровня максимальных напряжений, температура вязко-хрупкого перехода колеблется в пределах от -10 до -60 °С. При испытаниях на ударную вязкость было выявлено, что мелкозернистая структура стали 20 ГЛ после термоциклической термической обработки дает наихудший результат, нежели чем двойная термическая обработка, что, возможно, связано с перераспределением фосфора по границам зерен [2,3].

Библиографический список

1. **Гроицкий, В.М.** Диагностика металлов / В.М. Гроицкий. – М. : Metallurgizdat, 2004.– 408 с.
2. **Арзамасов, Б.Н.** Материаловедение: учебник для вузов / Б.Н. Арзамасов, И.И. Сидорин, Г.Ф. Косолапов. – М. : Машиностроение, 1986.-384 с.
3. **Гуляев, А.П.** Материаловедение: учебник для вузов / А.П. Гуляев, А.А. Гуляев. – М. : Metallurgiya, 2012.-637 с.

УДК620.186

СОЛОВЬЕВА А.Е., НУЖДИНА Т.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ ИМПУЛЬСНЫМ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ НА МИКРОСТРУКТУРУ И НАПРЯЖЕНИЯ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ Р6М5

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Данная работа посвящена исследованию влияния обработки импульсно - магнитным полем (ОИМП) на процессы изменения в карбидной фазе микроструктуры и уровень макро-напряжений. Благодаря наличию современных приборов, методик измерения, теперь возможно успешное проведение анализа напряженного поверхностного слоя самого обрабатываемого инструмента. Очевидная взаимосвязь остаточных напряжений с микроструктурой материала позволяет использовать результаты в технологии изготовления инструмента [1].

Образцы из стали Р6М5 после стандартной термообработки (закалка с 1220°С в масле, трехкратный отпуск при 560°С с длительностью по 1 ч и охлаждением на воздухе) были подвергнуты воздействию импульсного магнитного поля на установке ОИМП– 101. Параметры обработки: емкость конденсатора 10 мкФ, время обработки τ – 1 и 4 мин, частота прохождения магнитного импульса f – 1 и 5 Гц, напряженность поля 42 МА/м. На образцах до и после ОИМП проводились металлографические и рентгеновские исследования, определяли фрактальную размерность границ карбидов.

В результате проведенного исследования выявлено, что максимальный эффект от проведения ОИМП достигается при следующих ее параметрах: $\tau = 1$ мин и $f = 5$ Гц. После данного режима в микроструктуре обнаружено: измельчение карбидной фазы (см. рис.1), возможно за счет появления новых, так и изменения количества уже имеющихся карбидов [2]; повышение сжимающих напряжений 1 рода на поверхности образца $\sigma = -1919$ МПа (уровень значений величин напряжений согласуется с работой [1]); некоторое снижение величины фрактальной размерности D , рассчитанной для 5 карбидов с $\bar{D} = 1,128$ (до ОИМП) до $\bar{D} = 0,997$ (после ОИМП), что предварительно может трактоваться как снижение изрезанности границ карбидов.

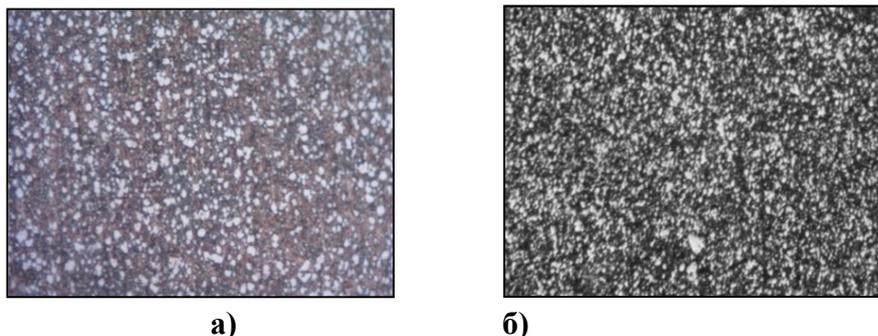


Рис. 1. Микроструктура быстрорежущей стали Р6М5, х500:

a — после стандартной термической обработки без ОИМП; *б* — после ОИМП, $\tau = 1$ мин, $f = 5$ Гц

Библиографический список

1. Николаева, Е.П. Применение инновационных средств контроля качества инструмента из быстрорежущих сталей / Е.П. Николаева, Д.С. Никулин // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2016. № 2 (50). С.73-80.
2. Нуждина, Т.В. Исследование влияния обработки импульсным магнитным полем на микроструктуру и внутренние напряжения стали S700 / Т.В. Нуждина, М.Н. Чеэрова, М.К. Чегуров, А.Е. Басова // Заготовительные производства в машиностроении. 2020. Т. 18. № 2. С. 83-87.

УДК 669.14:620

УГЛОВ Н.С., БАЖЕНОВ Е.О.

ПРИМЕНЕНИЕ КАПСУЛ В КАЧЕСТВЕ ДЕФОРМИРУЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ ГОРЯЧЕМ ИЗОСТАТИЧЕСКОМ ПРЕССОВАНИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Характерной особенностью горячего изостатического прессования является применение деформационного пластичного инструмента – капсулы, что отличает этот процесс от традиционных методов порошковой металлургии. Именно благодаря использованию пластичной капсулы, возможно производство деталей широкого спектра функциональных свойств, а также геометрических параметров. Капсула конструируется таким образом, чтобы на выходе процесса производства получить деталь со свойствами, максимально приближенными к свойствам эталона [1].

Материал капсулы должен представлять собой пластичный с небольшим сопротивлением деформации материал, способный при условиях процесса прессования сохранять свои функциональные свойства. Он должен обеспечить равномерное распределение воздействий температуры и давления на прессуемый порошковый материал. В качестве конструкционного материала капсулы была выбрана марка стали Ст20, благодаря ее свойствам, максимально соответствующим условиям заявляемого процесса горячего изостатического прессования.

Процесс горячего изостатического прессования проводится в специальных цилиндрических резервуарах – газостатах. После засыпки и уплотнения порошкового материала в капсуле и вакуумирования, капсула герметично заваривается для предотвращения попадания в ее объем посторонних объектов, воздуха или газа, обеспечивающего повышенное внешнее давление.

Процесс горячего изостатического прессования происходит при повышенном давлении и температуре, составляющей 0,7-0,9 °С – температуры плавления порошкового материала [2].

Основные преимущества использования капсулы: снижение температуры процесса прессования на 10-15% по сравнению с традиционными методами порошковой металлургии; снижение материалоемкости производства деталей с широким диапазоном показателей экс-

плуатационных характеристик; снижение трудоемкости дополнительной механической обработки готовых изделий.

Основным недостатком использования капсулы является одноразовое ее использование с необходимостью производить новую капсулу для каждого изделия.

Работа выполнена в НГТУ им. Р. Е. Алексеева по Договору с ПАО «Русполимет» от 20 сентября 2019г. № 19/2504/83-04/1075/19 при финансовой поддержке государства в лице Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках соглашения от 18 декабря 2019г. №075-11-2019-084 (идентификатор государственного контракта 0000000007519SZB0002).

Библиографический список

1. Металлургия гранул – новый прогрессивный технологический процесс производства материалов /А. Ф. Белов, Н. Ф. Аношкин, В.И. Ходкин [и др.] // Обработка легких и жаропрочных сплавов. - М., 1978. - С. 217-236.
2. **Гессингер, Г.Х.** Порошковая металлургия жаропрочных сплавов / Г.Х. Гессингер. – Челябинск: Металлургия, 1988.-320 с.

УДК 621.762.06

УШАКОВ Ю.А., КОРОВИН В.А.

ОСВОЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ПОРОШКА В УСЛОВИЯХ ПРЕДПРИЯТИЯ ПАО «РУСПОЛИМЕТ»

Нижегородский государственный технический университет Р.Е. Алексеева

Порошковая металлургия — один из самых быстрорастущих секторов отрасли во всем мире. Так, ежегодное потребление металлических порошков в разных отраслях промышленности увеличивается на 30%. Спрос на такие изделия год от года растет и в России. При этом почти 100% порошков отечественные предприятия закупали за рубежом. Таким образом, открытый цех по производству металлического порошка, после освоения технологии, может снизить долю импорта на российском рынке. Но для удовлетворения потребностей в мелкодисперсном порошке необходимо модернизировать имеющееся оборудование.

Для данного проекта целью было выбрано разработать метод получения мелкодисперсного металлического порошка при сохранении объемов производства. Задача при этом была поставлена модернизировать оборудование, используя минимальный бюджет, но с максимальной отдачей.

На данный момент существует ряд различных технологий по получению порошкового металла. На предприятии используется две технологии: газовая и вакуумная атомизации. Для подробного изучения данных методов можно обратиться к трудам С.В. Епифанова, С.А. Спекторук. [1].

При этом научно-исследовательской работой выдвигается гипотеза о том, что при воздействии на расплав ультразвуковыми волнами, непосредственно перед распылением, в металле появятся дополнительные «напряжения» и во время распыления (теоретически возможно в обоих случаях, но с различной эффективностью) это будет стимулировать дополнительное расщепление – позволит увеличить дисперсность в несколько раз.

Первоначальный этап заключается в детальном изучении физики процесса, а именно, какие силы и как влияют на поток жидкого металла для распыления его поведение. Следующий этап состоит в том, чтобы провести физико-математический расчет данного метода с целью установить – возможен ли данный процесс. При положительном результате наступает практический этап, в котором необходимо создать уменьшенную модель установки и воссоздать условия при использовании материалов, приближенных по определенным параметрам

с жидким металлом. В четвертом этапе необходимо рассчитать требуемые ресурсы для внедрения технологии на предприятие, экономический и экологический эффекты и возможность внедрения в целом. Пятый этап заключается в самой модернизации оборудования на производственной площадке предприятия ПАО «РУСПОЛИМЕТ» и период на обкат и освоение.

При реализации данного метода получения порошкового металла эффективность его будет отражаться на том, насколько увеличилась дисперсность порошка. При положительном результате предприятие получит продукт, который составит конкуренцию зарубежным производителям не только на отечественном рынке, но и на мировом. Помимо этого, данный продукт будет иметь огромную ценность для развития отечественной металлургии.

1. **Епифанова, С.В.** Анализ способов получения порошкового материала для аддитивных технологий / С.В. Епифанова, С.А. Спекторук // Экспериментальные и теоретические исследования в современной науке: сб. ст. по матер. XVIII Междунар. науч.-практ. конф. ; СибАК. Новосибирск, 2018. № 9(18). – С. 73-77.

УДК621.745

ШАБАНОВ Д.И., ЧЕБЕРЯКО И.

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СМЕСЕПРИГОТОВЛЕНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ОТЛИВОК ИЗ СЕРОГО ЧУГУНА В УСЛОВИЯХ ПРЕДПРИЯТИЯ ПАО «ГАЗ»

Нижегородский государственный технический университет Р.Е. Алексеева

В работе рассмотрена возможность оптимизации технологического процесса приготовления формовочной смеси, используемой при производстве отливок из чугуна в песчано-глинистые формы в условиях предприятия ПАО «ГАЗ», путем повышения качества оборотной смеси и внедрения более прогрессивного способа контроля формовочной смеси перед ее применением.

В условиях предприятия ПАО «ГАЗ» при изготовлении отливок из серого чугуна используют формовочную смесь, на 80-90% состоящую из оборотной смеси. Как известно [1; 2], оборотная смесь перед ее применением проходит ряд технологических операций по восстановлению ее свойств. Так как в составе формовочной смеси предприятия освежающих добавок используется не более 20%, качество получаемого литья будет зависеть от качества подготовки оборотной смеси.

Литейное производство ПАО «ГАЗ» нацелено на массовое производство литых заготовок с использованием автоматических формовочных линий, что накладывает определенные требования к единой формовочной смеси, обеспечивающей получение качественных литых заготовок.

Анализ литых заготовок из серого чугуна, полученных в условия предприятия, показал наличие до 15% дефектных и бракованных отливок, большинство из которых имели дефекты газового характера – газовую пористость и раковины газоусадочного характера.

Появление таких дефектов, приводящих к браку литья, в большинстве случаев связано с низкой газопроницаемостью используемой формовочной смеси. Газопроницаемость – это один из основных технологических параметров, который постоянно контролируется при приготовлении смеси. Она зависит от многих факторов, одним которых является присутствие в смеси технологических добавок и прочих включений мелкой фракции. Как правило, мелкие включения попадают в смесь вместе с оборотной смесью при ее недостаточной очистке.

Используемая на предприятии система подготовки оборотной смеси включает в себя:

- раздавливание комков;- извлечение и удаление металлических включений;- охлаждение и стабилизация заданной температуры и влажности;

По-видимому, проводимой обработки не достаточно, что приводит к постепенному загрязнению смеси мелкими и пылевидными включениями. Необходимо отметить, что на предприятии не совершенна система контроля свойств оборотной смеси и отсутствует система экспресс - контроля технологических свойств формовочной смеси, позволяющая оперативно корректировать ее свойства.

В рамках оптимизации технологического процесса производства отливок из серого чугуна предлагается:

- повысить степень очистки оборотной смеси от включений пылевидной фракции;
- рассмотреть возможность применения современных способов контроля свойств оборотной и единой смесей;
- ввести технологические добавки, повышающие газопроницаемость формовочной смеси.

Библиографический список

1. **Бречко, А.А.** Формовочные и стержневые смеси с заданными свойствами / А.А. Бречко, Г.Ф. Великанов. – Л.: Машиностроение, 1982. – 216 с.
2. **Титов, Н. Д.** Технологий литейного производства / Н.Д. Титов, Ю.А. Степанов. – М.: Машиностроение, 1974. – 472 с.
3. **Липницкий, А. М.** Справочник рабочего-литейщика / А.М. Липницкий, И.В. Морозов. – Л. : Машиностроение (Ленингр. отд-ние), 1976. – 344 с.

УДК 669.2/.8

ШПИЛЕВ Д.А., ГУЩИН В.Н.

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ФИЛЬТРАЦИОННОГО РАФИНИРОВАНИЯ АЛЮМИНИЕВОГО РАСПЛАВА В УСЛОВИЯХ ПРОИЗВОДСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ «РУСАЛ»

Нижегородский государственный технический университет Р.Е. Алексеева

Современный рынок и потребитель все больше акцентирует внимание не на количестве, а на качестве металлопродукции. Одним из основных показателей качества металла и, в частности, алюминия является низкое содержание неметаллических включений. Наиболее распространенной из твердых неметаллических примесей алюминия, влияющей на свойства и качество металла, является окись алюминия, а из газов – водород [1]. Для устранения неметаллических включений и повышения качества сплава алюминия используются системы фильтрационного рафинирования (filtration system, filterbox).

Целью работы является обеспечить эффективность фильтрационного рафинирования алюминиевого расплава, а главной задачей выступает модернизация системы фильтрационного рафинирования.

На сегодняшний день существует ряд методик для данной области и объекта исследования, позволяющих добиться поставленной цели и задачи. Для представления о механизме фильтрации и влияния технологических факторов, а также методов повышения эффективности фильтрационного рафинирования, следует обратиться к исследованиям профессоров А.В. Курдюмова и Э.Б. Тена. Для разработки и расчета математической модели теплового поля и полей скоростей прогрева пенокерамического фильтра рационально использование программ «ANSYS Fluent» и «Solid Works Flow Simulation». Для анализа существующих систем фильтрационного рафинирования и их реализации целесообразно обратиться к опыту компаний «SIVEX» и «Drache Umwelttechnik».

На данном этапе научно-исследовательской работы выдвигается гипотеза о том, что выбор оптимальных режимов и механизмов системы фильтрационного рафинирования –

позволит обеспечить эффективную очистку расплава алюминия от неметаллических включений.

Начальным этапом работы является определение недостатков имеющейся системы фильтрационного рафинирования на производственных площадках компании «РУСАЛ». Следующим этапом выступает усовершенствование имеющейся технологии и модернизация непосредственно самой системы фильтрационного рафинирования, базирующаяся на результатах расчета, исследования и моделирования. Заключительным этапом служит расчет капитальных затрат на реализацию предложенного проекта, а также экономическая эффективность от модернизированной системы фильтрационного рафинирования.

Основным показателем эффективности реализованного проекта выступает химический анализ расплава алюминия на содержание примесей и количество неметаллических включений. В случае успешной реализации поставленной цели и задачи, компания «РУСАЛ» увеличит свою весомость и клиентоориентированность на отечественном и мировом рынках металлопродукции.

-
1. **Егоров, С. Г.** Практическая реализация методов внешнего воздействия на металлические расплавы: монография / С. Г. Егоров, И. Ф. Червонный, Р. Н. Воляр; Запорожская государственная инженерная академия. — Запорожье: ЗГИА, 2012. — 220 с.

ФИЗИКА ЯДЕРНЫХ И ВОЛНОВЫХ ПРОЦЕССОВ, ТЕХНОЛОГИИ УСТАНОВОК

Подсекция 7.1

Ядерная энергетика

УДК 621.039

БРАТЫГИНА В.С., НОВИКОВ Д.И.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО РАСЧЕТА НЕЙТРОННОГО КОНВЕРТЕРА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Современные энергетические и исследовательские установки, имеющие в качестве источника энергии радиоизотопы, должны быть безопасными на всех этапах их эксплуатации. Безопасность считается обеспеченной, если соблюдены основные принципы радиационной безопасности (обоснование, оптимизация, нормирование) и требования радиационной защиты, установленные Федеральным законом «О радиационной безопасности населения» (далее - Федеральным законом № 3-ФЗ), НРБ-99/2009 и действующими санитарными правилами [1].

Для изучения влияния потока тепловых нейтронов на вещество используется нейтронный конвертер, основное назначение которого – перевод потока быстрых нейтронов в область теплового энергетического спектра.

Нейтронный конвертер еще на стадии предварительного проектирования и обоснования обязан отвечать основным требованиям, изложенным в нормативных документах [1] и [2], а именно, не превышать мощности дозы ионизирующего излучения на поверхности установки. Эта мощность должна быть рассчитана с учетом типа помещения, категорий облучаемых лиц и длительности облучения с коэффициентом запаса по годовой эффективной дозе. Обеспечение выполнения данного требования на этапе предварительного проектирования осуществляется подбором материала биологической защиты и его толщины.

Материал должен замедлять быстрые нейтроны, поглощать замедлившиеся нейтроны и гамма-кванты. Так же материал должен быть: конструкционно прочным, радиационно и термически стойким, технологичным, химически инертным, экономичным. Важно отметить, что ни один материал не способен обладать всей совокупностью этих качеств.

В соответствии с назначением нейтронного конвертера, в исследовательском канале должен быть максимально возможный поток тепловых нейтронов. Это требование достигается путем размещения слоя замедляющего материала между исследовательским каналом и источниками быстрых нейтронов. Данный материал обязан обладать малым сечением поглощения тепловых нейтронов. Целесообразно применять комбинированный гетерогенный замедлитель.

Расчет мощности дозы на поверхности нейтронного конвертера и нейтронного потока в исследовательском канале эффективно производить при помощи расчетных кодов и программных пакетов.

При расчете в программном пакете DOT-III [3], ввиду невозможности учета влияния в формировании мощности излучения на поверхности от нескольких источников, необходимо проводить сопряженные расчеты параллельно в XY и RZ геометриях [4].

Библиографический список

1. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009) // Нормативные базы ГОСТ/СП/СНиП. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data1/56/56325>
2. ОСНОВНЫЕ САНИТАРНЫЕ ПРАВИЛА ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ (ОСПОРБ 99/2010) Санитарные правила и нормативы СП 2.6.1.2612-10 // Нормативные базы ГОСТ/СП/СНиП. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293816/4293816468.htm>
3. Rhoades, W.A. The DOT III Two Dimensional Discrete Ordinate Transport Code / W.A. Rhoades, F.R. Mynatt // ORNL TM4280, 1973.
4. Расчетно-теоретическое обоснование конструкции нейтронного конвертера / В.В. Андреев [и др.] // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. — 2018. — № 3. — С. 37-45.

УДК 621.039

ГОРБАТОВ С.А., ПОЛУНИЧЕВ В.И.

ВОДНО-ХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ТЕПЛОСИТЕЛЯ ПЕРВОГО КОНТУРА ЯЭУ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В ядерных установках существуют специфические особенности, которые необходимо принимать во внимание, при рассмотрении водно-химических режимов. К таковым особенностям относятся: [1]

- физико-химические свойства материалов, которые используются в ЯЭУ (уран, его сплавы, цирконий, аустенитные стали, сплавы титана и т. п.);
- конструкция и условия работы некоторых элементов, например таких, как твэлы, оболочки которых при толщине 0,3-0,7 мм должны сохранять герметичность в течение длительной работы в условиях воздействия коррозионно-активного теплоносителя, мощного ионизирующего излучения, высоких механических и тепловых нагрузок;
- появление в теплоносителе продуктов деления ядерного топлива как за счет деления урана, остающегося на поверхности твэлов после их изготовления, так и выхода из твэлов при нарушении герметичности их оболочек;
- содержание в воде первого и третьего контуров радиоактивных веществ, которые образуются в результате активации продуктов коррозии; — радиолиз воды под действием ионизирующих излучений;
- наличие в теплоносителе примесей, которые должны вводиться в контур для обеспечения работы реактора (борная кислота для регулирования реактивности, азот, поступающий из системы газовой компенсации объема, и т. п.).

С учетом отмеченных ранее особенностей водно-химический режим в контурах ЯЭУ должен в первую очередь обеспечивать:

- сохранение целостности и герметичности защитных барьеров, предотвращающих выход радиоактивных веществ в окружающую среду (оболочек твэлов, корпусов реакторов, оборудования и трубопроводов первого контура, поверхности нагрева парогенераторов и т. п.);
- всемерное сокращение скоростей образования и накопления в контурах радиоактивных продуктов, уменьшение их отложений на внутренних поверхностях и пере-

носа в обслуживающие системы с целью снижения уровней излучений от оборудования и трубопроводов;

- организацию постоянной и эффективной очистки рабочих сред всех контуров от продуктов коррозии и вредных примесей любых типов, а теплоносителя первого контура также от продуктов деления ядерного топлива (в случае разгерметизации ТВЭЛОВ);
- осуществление постоянного контроля за концентрацией примесей и качеством воды во всех контурах, соответствием показателей качества воды техническим нормам;
- снижение количества и активности отходов, возникающих при работе ЯЭУ и подлежащих переработке и захоронению.

В водо-водяных реакторах под воздействием ионизирующего излучения протекают реакции разложения и синтеза воды и имеющихся в ней примесей. В ЯЭУ с газовой системой компенсации давления, в которой обычно используются азот, его концентрация может достигать 2000 нсм³/кг за счет процессов массообмена между КД и реактором [2]. В этом случае присутствие в воде свободного кислорода и водорода приводит к образованию азотной кислоты и аммиака. Кислород и азотная кислота будут снижать значение рН и ускорять коррозию, аммиак повышает рН, снижая скорость коррозии.

Библиографический список

1. **Владимиров, В.И.** Практические задачи по эксплуатации ядерных реакторов. / В.И. Владимиров. – М.: Энергоиздат, 1981.
2. **Мерзликин, Г.Я.** Основы теории ядерных реакторов. Курс для эксплуатационного персонала АЭС / Г.Я. Мерзликин. – Севастополь: СИЯЭиП, 2001.

УДК 621.039

ГОРБАТОВ С.А., ПОЛУНИЧЕВ В.И.

ВОДОРОДНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ РЕАКТОРНЫХ УСТАНОВОК С ВВР

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Источником потенциальной опасности при нормальной работе РУ является радиолиз воды первого контура. Проектным решением проблемы является организация и поддержание коррекционного аммиачного ВХР первого контура с подавлением радиолитического образования в контуре кислорода.

Существуют два способа организации и поддержания необходимого ВХР:

- без применения технических средств поддержания ВХР в процессе эксплуатации РУ за счет естественного газообмена между компенсатором и теплоносителем контура в условиях герметичного первого контура и установления стационарных концентраций аммиака, водорода и азота;
- с применением технических средств поддержания ВХР (постоянная или периодическая сдувка газов из парового компенсатора и постоянная или периодическая подпитка первого контура аммиаком) – как это выполнено на энергетических реакторах ВВЭР.

В первом случае организация ВХР осуществляется перед и при вводе РУ в действие путем загрузки необходимого количества аммиака в теплоноситель первого контура и создания требуемого давления азота в КД. При этом реализуется самоподдерживающийся ВГХР и дальнейшей его коррекции не требуется [1].

В авариях с потерей теплоносителя, в результате аварийного нарушения ВГХР первого контура, появляются источники образования, накопления и распространения водорода по

оборудованию РУ. В проектных и запроектных авариях без повреждения активной зоны существуют только источники либо с ограничением по количеству образованного водорода, либо с весьма низкой скоростью образования водорода. Медленные источники водорода обеспечивают достаточный запас времени для принятия необходимых мер для обеспечения водородной безопасности.

В тяжелой запроектной аварии с повреждением активной зоны имеют место источники водорода, характеризующиеся высокой скоростью его образования: высокотемпературные парометаллические реакции, диссоциация пара при температурах выше 2000 °С [2]. Появляются и дополнительные медленные источники водорода – радиолиз воды и пара в РУ за счет радиационного излучения поступающих в защитную оболочку продуктов деления и радиоактивных газов и аэрозолей.

Скорость и количество водорода, образовавшегося в тяжелой аварии, в первую очередь определяется составом материалов активной зоны и внутрикорпусных конструкций реактора, а водородная обстановка в ЗО – конструкцией ЗО и используемым в ней оборудованием. Учитывая высокую скорость образования водорода для управления водородной обстановкой, в тяжелой аварии может потребоваться установка в объеме ЗО рекомбинаторов водорода.

Библиографический список

1. Судовые ядерные паропроизводящие установки / Д.Ф. Романов [и др.]. – Л. : Судостроение, 1967.
2. Активные зоны ВВЭР для атомных электростанций / В.Д. Шмелев [и др.]. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. – 220 с.

УДК 621.039

ГОРБАТОВ С.А., ПОЛУНИЧЕВ В.И.

ГАЗОВАЯ СИСТЕМА КОМПЕНСАЦИИ ДАВЛЕНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Газовая система компенсации давления (далее по тексту ГКД) в большинстве случаев предусматривает компенсатор давления для размещения теплоносителя и газовые баллоны для размещения газа, связанные трубопроводами. Рабочим телом в системе, как правило, является инертный газ (в частности, азот), чтобы не было коррозионного воздействия на конструкционные материалы.

Давление теплоносителя в ГКД создается путем заполнения объема над поверхностью теплоносителя газом (рабочим телом), сжатым до требуемого давления.

Стремление ограничить отклонение давления в первом контуре узкими пределами приводит к необходимости иметь значительные объемы газа в компенсаторе давления. Пространство над уровнем жидкости в них становится недостаточным для замещения всего газа и приходится дополнительно подключать ресиверные баллоны. Конструктивно компенсатор давления представляет собой сосуд, включающий крышку, цилиндрическую часть и днище. В качестве материала корпусных конструкций используются перлитная сталь с внутренней облицовкой (нержавеющая сталь). В общем случае в состав газовой вынесенной системы компенсации давления входят: компенсатор давления, газовые баллоны, арматура, трубопроводы, средства измерения [2].

Вынесенная ГКД получила широкое распространение в судовой и корабельной энергетике России. Водяные полости компенсатора давления подключаются к корпусу реактора. Газовая полость подключается к рабочей группе ресиверных баллонов, в которых находится основная часть газа, используемая при работе системы. На случай потери газа из основной группы баллонов предусматривается резервная группа баллонов. Для отсечения компенсатор

давления от газовых баллонов при их разгерметизации и при снятии давления в первом контуре на газовых трубопроводах установлена пневмоуправляемая арматура.

В настоящее время в связи с ужесточением требований нормативной документации в части анализа аварий проектировщики стремятся сократить количество корпусных конструкций, находящихся под давлением первого контура. Применительно к ГКД это выражается в уменьшении количества компенсаторов давления и газовых баллонов.

Одним из путей повышения безопасности является размещение компенсатора давления внутри корпуса реактора для исключения возможности разгерметизации разветвленных трубопроводов вынесенной системы. Компенсатор давления размещается в верхней части корпуса над активной зоной и отделен от основного контура двумя обечайками. Сообщение с основным контуром циркуляции осуществляется через отверстия и водяной зазор между обечайками. Для уменьшения нагрева газа от поверхности обечайек и поверхности теплоносителя в водяном зазоре между обечайками расположен теплообменник. Вода, вытесняемая из основного контура циркуляции, поступает в зазор, где охлаждается на теплообменнике [1].

Давление в системе саморегулируется с помощью газообразного азота, которым наполнен компенсатор давления, в зависимости от изменений давления и температуры в системе теплоносителя реактора. Большой объем пассивного компенсатора может справиться с широким диапазоном переходных режимов по давлению во время переходных режимов и аварий в системе. С другой стороны, сохраняется зависимость давления в системе первого контура от работы охлаждающей системы, а оборудование реактора подвержено существенным термическим напряжениям.

Библиографический список

1. **Дмитриев, С.М.** Основное оборудование АЭС с корпусными реакторами на тепловых нейтронах / С.М. Дмитриев. – М. : Машиностроение, 2013. — 136 с.
2. **Бахметьев, А.М.** Основы безопасности ядерных энергетических установок / А.М. Бахметьев. – НГТУ им. Р.Е. Алексеева. Нижний Новгород, 2006. — 98 с.

УДК 621.039

ГОРБАТОВ С.А., ПОЛУНИЧЕВ В.И.

ГАЗОПЕРЕНОС В ОБОРУДОВАНИИ ПЕРВОГО КОНТУРА В РЕАКТОРНЫХ УСТАНОВКАХ С ВОДО-ВОДЯНЫМ РЕАКТОРОМ В ГАЗОВОЙ СИСТЕМЕ КОМПЕНСАЦИИ ДАВЛЕНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Азот является основным источником растворенного газа в теплоносителе первого контура. При длительной работе установки в КД и, как следствие, во всем первом контуре устанавливается равновесная концентрация растворенного газа [2]. Во время работы РУ может происходить газовыделение, заключающееся в выделении пузырьков азота в воду 1 контура в интервалах температур, где концентрация насыщения в точке ниже, чем концентрация в КД. При этом возможно локальное изменение температуры оболочки твэлов. Процесс газовыделения ведет к отклонению ВХР от проектного, появлению в теплоносителе газовой фазы, что в свою очередь ведет к смещению радиолитического равновесия. При различных параметрах и концентрациях азота в зоне газовыделения может происходить резкое уменьшение теплоотдачи, сопровождающееся увеличением температуры стенок.

Образовавшиеся газовые пузырьки меньше по своим размерам, чем паровые пузырьки при тех же параметрах теплоносителя, т.е. они растут медленнее, позже достигают отрывных размеров и, следовательно, больше времени проводят на теплоотдающей поверхности [1]. Для газовых пузырьков характерны процессы растворения, которые протекают со значитель-

но меньшими скоростями, чем конденсация паровых пузырьков. С увеличением концентрации газа в воде его выделение из теплоносителя начинается при больших недогревах до кипения:

$$C_{1к} = C_{кД} = K \cdot P_r, \quad (1)$$

где K – коэффициент Генри при температуре в КД; P_r – парциальное давление газа в КД.

Предельная концентрация растворенного газа в теплоносителе 1 контура зависит от температуры и P_r и определяется из следующего соотношения:

$$C_{1к} = K(T_{1к}) \cdot P_r, \quad (2)$$

где $K(T_{1к})$ – коэффициент Генри при температуре первого контура; P_r – парциальное давление газа в точке.

На рис. 1 показана зависимость предельной растворимости азота в воде первого контура от температуры теплоносителя 1 контура при давлении в $P_{1к} = 16$ МПа и температуре в КД $T_{кД} = 50$ °С.

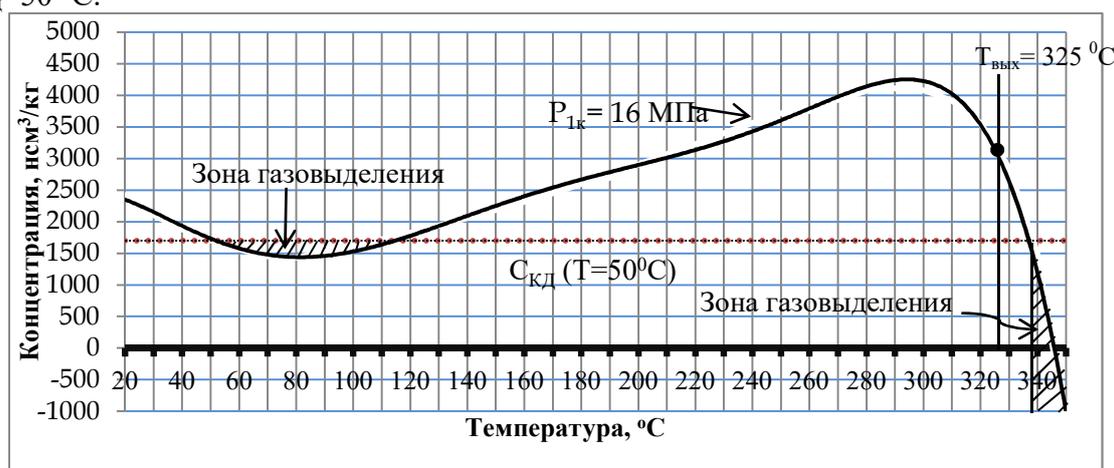


Рис. 1. Зависимость предельной растворимости азота в воде первого контура от температуры РУ

Пунктирной линией отмечена равновесная концентрация азота, установившаяся в РУ для принятой температуры в КД. Присутствуют два интервала температур, в которых происходит выделение азота из раствора при этих условиях. С практической точки зрения эта кривая показывает, что в процессе циркуляции из теплоносителя 1 контура возможно выделение газа в теплообменнике 1-3 контура, в ЦНПК, в ИОФ, что может пагубно отразиться на работоспособности.

Библиографический список

1. **Полуничев, В.И.** Газовыделение и газоперенос в оборудовании первого контура реакторной установки с газовой системой компенсации давления / В.И. Полуничев, А.Ф. Филимонов, А.Е. Помысухина // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2019. №126.
2. Атомная энергия / Д.Л. Зверев [и др.]. – 2012. Т. 113. Вып. 6. С.323-328.

УДК 621.039

ГОРБАТОВ С.А., ПОЛУНИЧЕВ В.И.

МОДЕРНИЗИРОВАННАЯ ПАРОВАЯ СИСТЕМА КОМПЕНСАЦИИ ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ РЕАКТОРНЫХ УСТАНОВОК С ВОДО-ВОДЯНЫМ РЕАКТОРОМ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Система компенсации объема теплоносителя обеспечивает поддержание давления в первом контуре в допустимых пределах и компенсирует изменение объема теплоносителя в процессе разогрева, расхолаживания и в переходных режимах работы установки [2]. В про-

цессе работы реакторной установки объем теплоносителя первого контура неизбежно меняется в результате изменения его температуры. При разогреве теплоноситель увеличивается в объеме, в результате чего избыточный объем воды вытесняется из системы циркуляции, а при расхолаживании установки вновь поступает в систему циркуляции теплоносителя первого контура.

В целях оптимизации и повышения эффективности ПКД предлагается модернизированная система компенсации давления. Она состоит из парового компенсатора и гидроаккумулятора (ГА), в котором размещается теплоноситель первого контура при разогреве установки и газовый объем для возврата воды из ГА при расхолаживании (рис. 1).

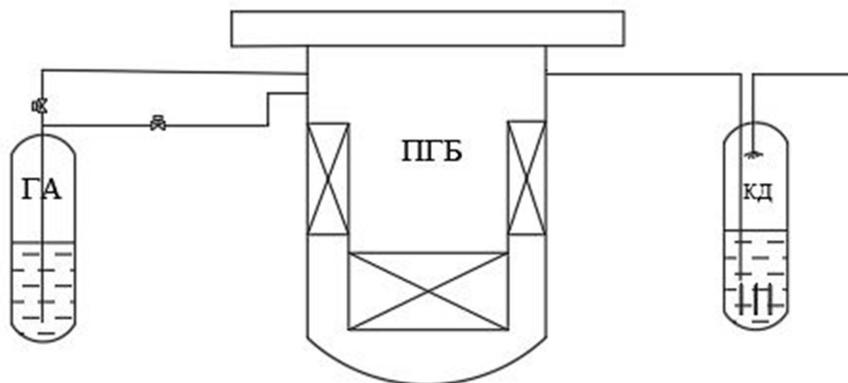


Рис. 1. Модернизированная ПКД

Компенсатор давления должен обеспечивать достаточный уровень теплоносителя в первом контуре при повышении средней температуры на 25°C и понижении средней температуры на 25°C . Таким образом, удастся снизить энергопотребление нагревательных элементов, уменьшить потери и снизить массогабаритные показатели системы.

Гидроаккумулятор связан с первым контуром через систему очистки и расхолаживания трубопроводами и арматурой. При выходе установки на номинальную мощность, емкость гидроаккумулятора заполняется теплоносителем первого контура и при расхолаживании подается обратно. Давление в емкости обеспечивает газовая подушка (азот). При разогреве установки система заполняется «ступеньками». В первую очередь заполняется КД до рабочего уровня теплоносителя, после вода поступает в гидроаккумулятор. Процесс повторяется до полного разогрева установки и выхода на мощность.

Предложенный модернизированный вариант ПКД дает возможность сохранить положительные качества традиционной паровой системы, при этом позволяет снизить объем, массу и потребляемую мощность электронагревателей [1].

Библиографический список

1. **Горбатов, С.А.** Анализ и оптимизация систем компенсации давления первого контура в реакторных установках с водо-водяным реактором / С.А. Горбатов, В.И. Полуничев, Ю.А. Тимофеев // Научно-технический вестник Поволжья. 2020. №6.
2. **Аношкин, Ю.И.** Расчет тепловой схемы ПТУ судовой ядерной энергетической установки / Ю.И. Аношкин. – Н. Новгород, 2004. – 68 с.

НОДУЛЯРНАЯ КОРРОЗИЯ ЭЛЕМЕНТОВ АКТИВНЫХ ЗОН ИЗ ЦИРКОНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Реакторная установка для атомных ледоколов типа ОК-900 была создана в 60-е годы прошлого столетия. Эта установка блочного типа с ВВР и газовой системой компенсации давления. Она надежно работает на некоторых судах до настоящего времени, при этом проектный ресурс увеличен более чем в 2 раза. Однако увеличение энергоресурса активных зон за истекший период было значительно скромнее. На данный момент достигнутый энергоресурс составляет 2-2,3 ТВт·ч. Данный ресурс не удовлетворяет современным требованиям к перспективным установкам судов и АСММ. Его рост ограничивается состоянием оболочек твэлов и других элементов ТВС из циркониевого сплава Э110, подверженного нодулярной коррозии.

Нодулярная коррозия циркониевых материалов – это местная усиленная коррозия в виде локальных коррозионных повреждений или их скоплений при общей коррозии толщиной 5-10 мкм, образующейся на поверхности изделия. Нодулярная коррозия характерна для циркониевых изделий, эксплуатирующихся в кипящих реакторах, но может развиваться и в условиях реакторов с водой под давлением при образовании пузырькового кипения на поверхности изделия [1]. Скорость развития нодулярной коррозии значительно выше скорости равномерной коррозии (в ~ 8-10 раз).

Образование толстого оксидного слоя с малой теплопроводностью ($3 \cdot 10^{-3}$ кВт/м) приводит к утонению стенки оболочки и появлению градиента температуры по толщине стенки, вызывающего местный перегрев [2]. Считается, что оксид толщиной ~ 100 мкм увеличивает градиент на ~ 40 °С. В PWR нодулярная коррозия на циркониевой оболочке наблюдалась, когда кислород, выделившийся в результате радиолиза воды, не подавлялся введением водорода, а также в воде под давлением, содержащей растворенный кислород в количестве более 200 мг/кг воды. Начиная с 80-х годов прошлого столетия в активных зонах судовых реакторных установках в качестве конструкционного материала оболочек твэлов и других элементов ТВС используется цирконий Э110. Рост ресурса циркониевых зон ограничивался состоянием оболочек твэлов и других элементов, подверженных нодулярной коррозии. Признаком интенсивности коррозионных процессов циркониевых сплавов является рост аммиака в теплоносителе первого контура (рис. 1).

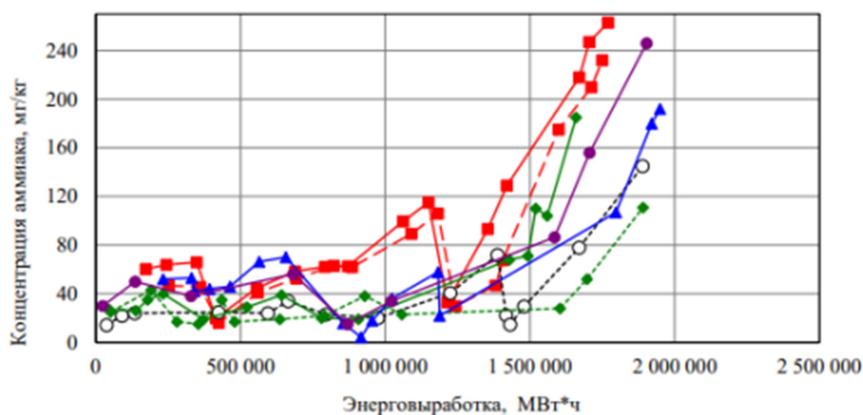


Рис. 1. Изменение концентрации аммиака в теплоносителе 1 контура при эксплуатации циркониевых активных зон

Стехиометрию коррозионного процесса запишем в виде брутто-реакции:



Поступивший в теплоноситель молекулярный водород принимает участие в двух процессах: в «подавлении радиолитического распада», приводящем к снижению в теплоносителе содержания окислителей (O_2 и H_2O_2), и в радиационно-химической фиксации растворенного азота с образованием аммиака по брутто-реакции:



Результаты аналитических и экспериментальных исследований, мнения специалистов в данной области свидетельствуют о том, что одной из определяющих причин нодулярной коррозии являются условия работы активных зон. Связано это с повышенной энергонапряженностью оболочек ТВЭЛов, использованием газовой системы компенсации давления и газонасыщенного теплоносителя и наличия пристенного (в том числе «газового») кипения в недогретой воде 1 контура на элементах ТВС активных зон.

Библиографический список

1. Доклад НИЦ «Курчатовский институт». Подкипание теплоносителя первого контура судовых ЯЭУ как фактор интенсификации коррозии циркониевых оболочек ТВЭЛов // Исследовательскому комплексу ИВВ-2М – 45 лет: межотраслевая научно-техническая конференция. – г. Заречный, 2011.
2. Колобнева, Л.И. Структурное состояние и фазовый состав алюминиевых сплавов как основные факторы, определяющие их коррозионную стойкость в водной среде : - материалы ядерной техники: труды. – М. : ВНИИНМ, 2005. - Т.2 / Научная конференция (1; 22-26 сентября 2002 г.; Агой, Краснодарский край). – 251 с.

УДК 621.039

ГОРБАТОВ С.А., ПОЛУНИЧЕВ В.И.

ПАРОВАЯ СИСТЕМА КОМПЕНСАЦИИ ДАВЛЕНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Система компенсации давления (далее по тексту КД) предназначена для создания и поддержания давления первого контура в заданных пределах на всех режимах работы вододянных реакторных установок.

Значение давления в первом контуре назначается исходя из условия отсутствия кипения теплоносителя на выходе из активной зоны в стационарных и переходных режимах работы установки. Изменение давления обусловлено изменением объема в замкнутой системе первого контура, которое в свою очередь обусловлено изменением средней температуры теплоносителя при пуске.

Паровая система компенсации давления (далее по тексту ПКД) характеризуется тем, что в качестве рабочего тела используется пар, образующийся из теплоносителя первого контура. Пар в ПКД образуется вследствие работы электронагревателей. Для получения избыточного давления и исключения кипения теплоносителя в активной зоне, температура пара в ПКД выше, чем температура теплоносителя на выходе из активной зоны [1].

В общем случае в состав паровой вынесенной системы компенсации давления входят: компенсатор давления, электронагреватель, насос душирования, запорная арматура, трубопроводы, средства измерения.

Поддержание давления в первом контуре при повышении температуры в реакторе осуществляется впрыском воды в душирующие устройство КД путем открытия по определенному сигналу клапана.

ПКД представляет собой корпус, выполненный из перлитной стали с нержавеющей облицовкой. Внутри корпуса устанавливаются электронагреватели, измерители уровня, душирующие устройства. Электронагреватели устанавливаются в нижней части ПКД и имеют конструкцию, обеспечивающую возможность их замены при выходе из строя. Наиболее предпочтительной является стержневая конструкция ТЭНов. Для обеспечения замены в КД

устанавливают герметичный чехол, рассчитанный на давление первого контура. ТЭН устанавливается и герметизируется в указанном чехле. Для улучшения теплового контакта между чехлом и ТЭНом может устанавливаться элемент из сплава с меньшей температурой плавления. При разогреве он плавится, заполняя зазор между чехлом и ТЭНом [2].

ТЭН представляет собой цилиндрическую оболочку, внутри которой размещается спираль из нихрома и электроизоляция, исключая контакт спирали с оболочкой.

Встроенная ПКД занимает пространство под верхней крышкой корпуса реактора. Область компенсатора давления ограничена посредством теплоизолированной перегородки, которая отделяет циркуляционный поток теплоносителя реактора от КД. Эта конструкция покрыта теплоизоляцией для уменьшения переноса тепла между горячей жидкостью КД и недогретой до температуры насыщения водой в тракте циркуляции воды в первом контуре.

Стержни нагревателя размещаются в нижней части перегородки и устанавливаются с внешней стороны механизма привода регулирующего стрелы. В нижней части этой перегородки имеются отверстия для входа и выхода воды из КД.

Библиографический список

1. **Стерман, Л.С.** Тепловые и атомные электростанции / Л.С. Стерман, С.А. Тевлин, А.Т. Шарков. – М. : Энергоиздат, 2013. – 456 с.
2. **Бахметьев, А.М.** Основы безопасности ядерных энергетических установок / А.М. Бахметьев. – НГТУ им. Р.Е. Алексеева, Нижний Новгород. 2006. – 98 с.

УДК 621.039

ГОРБАТОВ С.А., ПОЛУНИЧЕВ В.И.

ПАРОГАЗОВАЯ СИСТЕМА КОМПЕНСАЦИИ ДАВЛЕНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Система компенсации объема теплоносителя обеспечивает поддержание давления в первом контуре в допустимых пределах и компенсирует изменение объема теплоносителя в процессе разогрева, расхолаживания и в переходных режимах работы установки [2]. В процессе работы реакторной установки объем теплоносителя первого контура неизбежно меняется в результате изменения его температуры. При разогреве теплоноситель увеличивается в объеме, в результате чего избыточный объем воды вытесняется из системы циркуляции, а при расхолаживании установки вновь поступает в систему циркуляции теплоносителя первого контура.

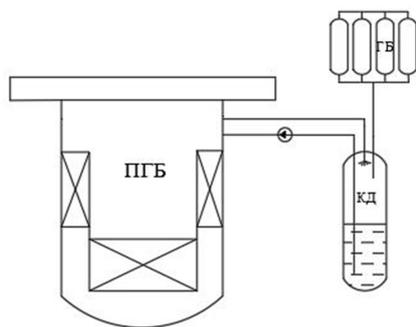


Рис. 1. Парогазовая система компенсации давления

Отличительной особенностью парогазовой системы компенсации давления является использование в качестве рабочего тела парогазовой смеси. По конструктивному исполнению ПГКД может быть вынесенной из корпуса реактора или встроенной в него. В первом варианте ПГКД подается теплоноситель из реактора, распыляется душирующим устройством и возвращается в реактор [1]. При этом в ПГКД создается давление пара, равное давлению насыщения при температуре выхода из активной зоны. Для создания запаса до кипения в активной зоне в ПГКД подается соответствующее давление газа, обеспечивающее этот запас до кипения. Общее давление в ПГКД и в контуре определяется, как сумма парциальных давлений газа и пара. Газ подается из баллонов. При размещении ПГКД в корпусе реактора давление пара создается за счет испарения воды, а давление газа – подачей из газовых баллонов. Для снижения

давления парогазовой смеси в переходных режимах в нее через распылительное устройство может подаваться вода с пониженной температурой, как в паровой системе.

Основные достоинства: не требует для работы энергии, меньший по сравнению с газовой системой компенсации давления объем.

Основные недостатки: высокая растворимость газа, зависимость давления в первом контуре от температуры на выходе из активной зоны в переходных режимах.

Библиографический список

1. **Дмитриев, С.М.** Основное оборудование АЭС с корпусными реакторами на тепловых нейтронах / С.М. Дмитриев. – М. : Машиностроение, 2013. — 136 с.
2. **Аношкин, Ю.И.** Расчет тепловой схемы ПТУ судовой ядерной энергетической установки / Ю.И. Аношкин. – Н. Новгород, 2004. – 68 с.

УДК 621.039

ГОРБАТОВ С.А., ПОЛУНИЧЕВ В.И.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТРАДИЦИОННЫХ СИСТЕМ КОМПЕНСАЦИИ ДАВЛЕНИЯ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ ПЕРВОГО КОНТУРА И МОДЕРНИЗИРОВАННОЙ ПАРОВОЙ СИСТЕМЫ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Система компенсации давления предназначена для создания и поддержания давления в первом контуре при работе водо-водяных реакторных установок (РУ). Кроме выполнения основной функции, система оказывает влияние на состояние теплоносителя – водно-газовый и химический режим, процессы взаимодействия с конструкционными материалами [1].

В реакторных технологиях используются три типа систем компенсации: газовая, парогазовая, паровая [2] (рис. 1).

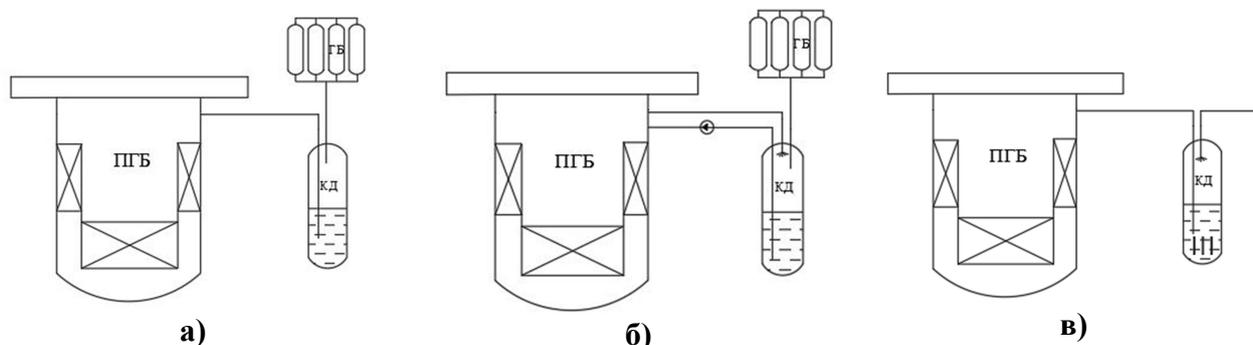


Рис. 1. Варианты систем компенсации давления реакторных установок с водо-водяным реактором: а – газовая; б – парогазовая; в – паровая

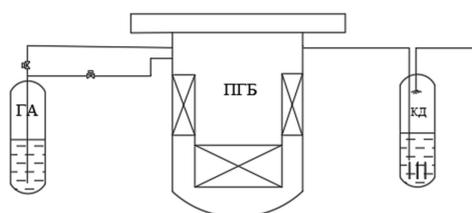


Рис. 2. ПКД с гидроаккумулятором

Для повышения технико-экономических характеристик паровой системы компенсации давления предлагается модернизированная система. Она состоит из парового компенсатора для поддержания давления и гидроаккумулятора (ГА), в котором размещается часть вытесненного теплоносителя (рис. 2). Вода в ГА находится при низкой температуре.

Для каждой из рассмотренных видов систем был произведен расчет при одинаковых начальных условиях, а именно $V_1 = 30 \text{ м}^3$; $P_{1к} = 16 \text{ МПа}$; $T_{\text{вых}} = 325 \text{ }^\circ\text{C}$; $T_{\text{вх}} = 270 \text{ }^\circ\text{C}$, скорость разо-

грева ПКД до давления 16 МПа составляет 50 °С/ч, температура в ГКД, в ПГКД и ПКД составляет 50, 325 и 347 °С соответственно.

Таблица 1. Результаты расчетов

	Объем системы КД, м ³	Масса системы КД, т	Мощность эл/наг в режиме пуска, кВт	Равновесная концентрация газа, нсм ³ /кг	Мощность эл/наг а при работе, кВт
ГКД	26,4	45,9	0	1700	0
ПКД	21,1	38,3	886,1	0	39,9
ПКД с ГА	18,3	30,3	418,4	0	19,6
ПГКД	26,1	45,5	0	3800	0

Выполнен оценочный сравнительный анализ основных характеристик трех вариантов систем компенсации. Из анализа следует, что при прочих равных условиях системы существенно отличаются массой и габаритами. Кроме того, принципиальным является их влияние на водно-газовый и химический режимы теплоносителя, коррозионные процессы конструкционных материалов оборудования, термоциклическое воздействие и др.

Библиографический список

1. **Полуничев, В.И.** Возможные пути повышения ресурса активных зон с циркониевыми элементами твс для перспективных реакторных установок судов и АСММ / В.И. Полуничев, А.Ф. Филимонов // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2019. №127.
2. **Полуничев, В.И.** Газовыделение и газоперенос в оборудовании первого контура реакторной установки с газовой системой компенсации давления / В.И. Полуничев, А.Ф. Филимонов, А.Е. Помысухина // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2019. №126.

УДК 621.039

ЕРМОЛЕНКО Е.Д., GERMAN H.B., KEJKOV A.C., ANDREEV B.B.

РАСЧЕТ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ НЕЙТРОННОГО КОНВЕРТОРА («ТЕПЛОВОЙ КОЛОННЫ»)

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева, Институт ядерной энергетики и технической физики им. академика Ф.М.Митенкова

В 2009 г. в рамках технического взаимодействия между ОАО «ОКБМ Африкантов» и НГТУ им. Р. Е. Алексеева разработан проект универсального нейтронного конвертора («тепловой колонны»). Это лабораторная установка для выполнения научно-исследовательских работ, таких как определение изотопного состава делящихся материалов, исследование локальных возмущений нейтронного потока и т.п. [1] Исследования, проводимые с тепловой колонной, востребованы в индустрии ядерной энергетики и актуальны на сегодняшний день. Работа с конвертером подразумевает исследование взаимодействия с ионизирующими излучениями (немоноэнергетическим потоком нейтронов) различных объектов – конструкционных материалов, микроэлектронных устройств, живых организмов. При проектировании данного нейтронного конвертера руководствовались рядом ограничений, связанных как с массой и габаритами установки, так и с обеспечением требований безопасности для эксплуатирующего персонала.

Целью выполненного нами исследования явился поиск оптимального сочетания различных материалов замедлителя в составе конструкции конвертера, с помощью программ DOT-III и DOTGeom, с использованием библиотеки констант CASK-40 [2]. При достижении поставленной цели толщина биологической защиты определялась с таким условием, чтобы мощность суммарной дозы нейтронного и гамма-излучений за пределами корпуса (на по-

верхности корпуса конвертера) не превышала допустимую норму для эксплуатирующего персонала при наиболее консервативной оценке продолжительности рабочего времени в течение календарного года. В качестве замедлителя в колонне целесообразно использовать материалы, ядра которых имеют малую массу, так как они наиболее эффективно снижают энергию и скорость нейтронов. Для первоначального расчета, в качестве замедлителя в конвертере было выбрано сочетание графита и воды, по причине их низкой цены и доступности. Исходными данными для расчетов служили: характеристики калифорнийских источников нейтронов – мощностью $7.37 \cdot 10^8$ нейтронов/с; замедлитель – графит и вода; материал корпуса, гильзы и обечайки – свинец. С помощью программы были выполнены 20 вариантов расчетов, отличавшихся друг от друга разными толщинами каждого из материалов с таким условием, чтобы суммарное излучение за пределами корпуса не превышало допустимой нормы. Проанализировав результаты расчета, можно сделать следующий вывод: при рассмотрении всех вариантов расчета с выбранным сочетанием материалов замедлителя (графит-вода), наиболее оптимальным вариантом является вариант с использованием только воды без добавления графита. Выбор этого варианта, однако, невозможен в силу сложностей в технической реализации и проблемам с обеспечением безопасности экспериментальной установки. Результаты выполненной работы могут быть использованы в последующем для сравнения с результатами аналогичных расчетов, выполненных для других сочетаний материалов биологической защиты при поиске оптимального их сочетания.

Библиографический список

1. Расчетно-теоретическое обоснование конструкции нейтронного конвертера/ В.В. Андреев [и др.] // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева.- 2018.-№3 (122) – С. 37-45.
2. Обоснование радиационной безопасности нейтронного конвертера на всех этапах жизненного цикла в рамках проектно-ориентированного обучения студентов НГТУ им. Р.Е. Алексеева / В.В. Андреев [и др.] // Научно-технический вестник Поволжья.- 2019.-№3- С.99-101.

УДК 621.039

ЗАПЕВАЛОВ Д.А., СУМИНОВ О.Д.

СПЕЦИФИКА ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В современном машиностроении, в частности, авиационной, ракетно-космической и энергетической отраслях используются конструктивные элементы с пористыми вставками. Материал, из которого сделаны данные вставки, представляет собой твердое тело, содержащее в своем объеме свободное пространство в виде полостей, каналов и пор. Пористый материал обладает широким спектром структурных, гидравлических, теплофизических и других свойств. При отработанной технологии производства пористых вставок, они просты в изготовлении.

Использование элементов из пористых материалов при течении различных сред в каналах является эффективным способом интенсификации теплообмена из-за увеличившейся площади теплоотводящей поверхности, контактирующей со средой. При определенной структуре такие вставки могут выполнять функцию струевыпрямителей и успокоителей потока жидкости для установок, где важно обеспечить равномерный по сечению профиль скорости среды, что обусловлено, например, особенностями технологического процесса в таких установках. При этом возникает необходимость корректного определения гидравлических потерь давления на единицу длины пористого элемента, которые будут зависеть не только от свойств перекачиваемой жидкости и от скорости ее течения, но также и от характеристик пористой структуры. Упруго-пористый проволочный материал является одним из видов пори-

стых вставок, в котором при изготовлении возможно задавать и контролировать его пористость. Данный материал нашел широкое применение в нефтегазовой и химической промышленности, судостроении, машиностроении.

Методики расчета потерь давления в пористых вставках могут быть применены и для расчета некоторых типов теплообменников. Например, теплообменник представляет собой змеевики с определенным шагом расположения, которые заключены в квадратный кожух. Змеевиковая система такого теплообменника является своего рода упорядоченной пористой структурой.

УДК 621.039

ИГНАТЬЕВ В.Н., ЧИРКОВ В.А.

ОЦЕНКА ХАРАКТЕРИСТИК ВОСПРОИЗВОДСТВА ПО ФУНДАМЕНТАЛЬНЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ НУКЛИДОВ РЕАКТОРА БН С НИТРИДНЫМ ТОПЛИВОМ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Атомная энергетика является одним из перспективных направлений в производстве электроэнергии. Количество делящегося материала, на котором работает реактор, ограничено. В связи с этим воспроизводство ядерного топлива является важнейшей задачей в развитии современной атомной энергетике, как в России, так и в мире. При сжигании ядерного горючего может воспроизводиться вторичное ядерное топливо, которое в дальнейшем может участвовать в цепной ядерной реакции.

Для оценки воспроизводства топлива вводится понятие *коэффициент воспроизводства*. Сделаем оценку КВ по фундаментальным характеристикам нуклидов для реактора на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем и нитридным топливом и обогащением 15,7%:

$$КВ = (\eta_i - 1) + (v_{38} - 1)\epsilon_{38} - \sum_j \frac{\rho_j}{\rho_i} \frac{\sigma_{c,j}}{\sigma_{c,i} + \sigma_{f,i}} \cdot [1]$$

Константы для расчета КВ приведены в таб. 1.

Таблица 1. Фундаментальные характеристики нуклидов

Фундаментальные характеристики нуклидов	U ²³³	U ²³⁵	Pu ²³⁹
η_i – выход n на 1 поглощение i – го материала	2,29	2,04	2,51
v_{38} – количество нейтронов, которые создаются в среднем при акте деления U ²³⁸ быстрыми нейтронами	2,47		
ϵ_{38} – доля делений U ²³⁸ быстрыми нейтронами	15%		
ρ_j – ядерная концентрация материалов, кроме топлива в АЗ, $\frac{\text{ядер} \cdot 10^{21}}{\text{см}^3}$	Na = 7,072 Ni = 3,702 Mn = 0,01974 Fe = 14,06 Nb = 0,1234 C = 0,007404		
ρ_i – ядерная концентрация горючего, $\text{ядер} \cdot 10^{21} / \text{см}^3$	1,301	1,399	1,463
$\sigma_{c,j}$ – среднее сечение захвата j материалов, бн	$\sigma_{c,j}Na = 0,0006$ $\sigma_{c,j}Nb = 0,07$ $\sigma_{c,j}Fe = 0,006$ $\sigma_{c,j}Mn = 0,0004$ $\sigma_{c,j}Ni = 0,009$		
$\sigma_{c,i}$ – среднее сечение захвата для горючего, бн	0,07	0,12	0,06
$\sigma_{f,i}$ – среднее сечение деления для горючего, бн	1,93	1,25	1,8

Итоги: $KB(U^{233}) = 1,46$; $KB(U^{235}) = 1,201$; $KB(Pu^{239}) = 1,691$.

Из расчета видно, что в энергетических реакторах на быстрых нейтронах расширенное воспроизводство имеет место быть.

1. **Усынин, Г.Б.** Реакторы на быстрых нейтронах: учеб. пособие для вузов / Г.Б. Усынин, Е.В. Кусмарцев; под ред. Ф.М. Митенкова. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 288 с.

УДК 621.039

ИГНАТЬЕВ В.Н., ЧИРКОВ В.А.

ОЦЕНКА ХАРАКТЕРИСТИК ВОСПРОИЗВОДСТВА ПО ФУНДАМЕНТАЛЬНЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ НУКЛИДОВ РЕАКТОРА БН С ОКСИДНЫМ ТОПЛИВОМ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Атомная энергетика является одним из перспективных направлений в производстве электроэнергии. Количество делящегося материала, на котором работает реактор, ограничено. В связи с этим воспроизводство ядерного топлива является важнейшей задачей в развитии современной атомной энергетике, как в России, так и в мире. При сжигании ядерного горючего может воспроизводиться вторичное ядерное топливо, которое в дальнейшем может участвовать в цепной ядерной реакции.

Для оценки воспроизводства топлива вводится понятие *коэффициент воспроизводства*. Сделаем оценку КВ по фундаментальным характеристикам нуклидов для реактора на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем и оксидным топливом и обогащением 17%.

$$KB = (\eta_i - 1) + (v_{38} - 1)\epsilon_{38} - \sum_j \frac{\rho_j}{\rho_i} \frac{\sigma_{c,j}}{\sigma_{c,i} + \sigma_{f,i}} \cdot [1]$$

Константы для расчета КВ приведены далее в таб. 1.

Таблица 1. Фундаментальные характеристики нуклидов

Фундаментальные характеристики нуклидов	U^{233}	U^{235}	Pu^{239}
η_i – выход n на 1 поглощение i – го материала	2,29	2,04	2,51
v_{38} – количество нейтронов, которые создаются в среднем при акте деления U^{238} быстрыми нейтронами	2,47		
ϵ_{38} – доля делений U^{238} быстрыми нейтронами	15%		
ρ_j – ядерная концентрация материалов, кроме топлива в АЗ, $\frac{\text{ядер} \cdot 10^{21}}{\text{см}^3}$	Na = 7,072 Ni = 3,702 Mn = 0,01974 Fe = 14,06 Nb = 0,1234 C = 0,007404		
ρ_i – ядерная концентрация горючего, $\text{ядер} \cdot 10^{21}/\text{см}^3$	1,301	1,399	1,463
$\sigma_{c,j}$ – среднее сечение захвата j материалов, бн	$\sigma_{c,j}Na = 0,0006$ $\sigma_{c,j}Nb = 0,07$ $\sigma_{c,j}Fe = 0,006$ $\sigma_{c,j}Mn = 0,0004$ $\sigma_{c,j}Ni = 0,009$		
$\sigma_{c,i}$ – среднее сечение захвата для горючего, бн	0,07	0,12	0,06
$\sigma_{f,i}$ – среднее сечение деления для горючего, бн	1,93	1,25	1,8

Найдем КВ для каждого топливного цикла:

$KB(U^{233}) = 1,458$; $KB(U^{235}) = 1,198$; $KB(Pu^{239}) = 1,682$.

Из расчета видно, что в энергетических реакторах на быстрых нейтронах расширенное воспроизводство имеет место быть.

1. **Усынин, Г.Б.** Реакторы на быстрых нейтронах: учеб. пособие для вузов / Г.Б. Усынин, Е.В. Кусмарцев; под ред. Ф.М. Митенкова. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 288 с.

УДК 621.039

КАЛИНИНА В.П., ТАРАСОВА Н.П.

ВЛИЯНИЕ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ТЕРМОРЕЗИСТОРЫ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Изучение воздействия радиации на терморезисторы связано с тем, что они важны при реализации процессов, зависящих от правильности настройки температурного режима, и являются основным компонентом в области разработки термостабилизационных и радиационно-стойких систем. Так же они широко используются в зонах радиоактивного излучения, таких как: атомные электростанции, технологические линии по переработке ядерных отходов, экспериментальные установки.

Терморезистор – полупроводниковый элемент, сопротивление которого меняется при изменении его температуры. Их важнейшее отличие от других материалов с переменным сопротивлением заключается в исключительной чувствительности к сравнительно малым изменениям температуры. В противоположность металлам, имеющим небольшой температурный коэффициент сопротивления, терморезисторы обладают большим температурным коэффициентом [1]. В их основе лежат специальные полупроводники, изготовленные из смеси оксидов переходных металлов, например, MnO, CuO, CoO, NiO. Они обладают широким диапазоном свойств, позволяющих разработать терморезисторы с различной температурной зависимостью от сопротивления. Основными достоинствами терморезисторов являются малый размер, вибропрочность, малая инерционность и невысокая цена. Распространенным способом применения терморезисторов является ограничение токов, возникающих в процессе пуска аппаратов, так же для защиты различных элементов в случае резкого нагрева. Они широко применяются в системах автоматического регулирования и устройствах дистанционного управления, использование которых в настоящее время является перспективным направлением для осуществления деятельности в активной зоне реактора.

Воздействие ионизирующего излучения служит причиной обратимых либо необратимых радиационных дефектов, являющихся следствием ионизации и структурных нарушений в кристаллах. Под действием проникающей радиации терморезисторы изменяют свои электрические свойства и в первую очередь величину сопротивления. Установлено, что характер и степень этих изменений определяются дозой облучения, энергией и видом частиц, температурой образца во время облучения, конструктивными особенностями терморезисторов и используемых в них материалов. При воздействии проникающей радиации на полупроводник в нем будут возникать неравновесные электронно-дырочные пары. Это приведет к тому, что концентрация основных носителей будет относительно возрастать, но в значительно меньшей степени, чем концентрация неосновных. Ионизационные токи, обусловленные радиацией, приводят к временному нарушению работоспособности *p-n* переходов. Эти эффекты обратимы и исчезают сразу после прекращения действия радиации [2]. Так же возможно долговременное изменение под действием структурных дефектов, образованных в основном быстрыми нейтронами.

Таким образом, главная опасность заключается в том, что под действием облучения может нарушиться симметричность характеристик терморезисторов, что приведет к различию между прямым и обратным сопротивлением [1]. Следовательно, при работе в условиях

радиации необходимо учитывать изменения электросопротивления и температурного коэффициента сопротивления терморезисторов.

Библиографический список

1. Влияние облучения на материалы и элементы электронных схем / под ред. Р. Н. Быкова, С. П. Соловьева. – М. : Атомиздат, 1967. – 429 с.
2. **Коршунов, Ф. П.** Воздействие радиации на интегральные микросхемы / Ф. П. Коршунов, Ю. В. Богатырев, В. А. Вавилов. – Мн. : Наука и техника, 1986. – 254 с.

УДК 621.039.53:629.5

КОСТЫРЯ А.И., ШИГИН А.А., СПИРИДОНОВ С.Ю., СУИТИН А.С.

УВЕЛИЧЕНИЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ЯРУ ЗА СЧЕТ ПРОДЛЕНИЯ НАЗНАЧЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОБОРУДОВАНИЯ

АО «ОКБМ Африкантов»

Одним из направлений деятельности АО «ОКБМ Африкантов» является сервисное обслуживание ЯРУ транспортного назначения. Особое место уделяется решению вопросов, связанных с продлением назначенных показателей (назначенного срока службы и назначенного ресурса) оборудования ЯРУ, а также с восстановлением технической готовности ЯРУ.

В настоящее время:

- назначенный срок службы до заводского ремонта оборудования ЯРУ в рамках невыработанного ресурса продлен на большинстве эксплуатирующихся транспортных установках;
- календарная продолжительность эксплуатации отдельного оборудования ЯРУ ряда судов достигла установленных в технических условиях на поставку оборудования значений назначенного полного срока службы, в то же время назначенный ресурс близок к исчерпанию.

Высокие показатели надежности оборудования и систем ЯРУ, разработанных АО «ОКБМ Африкантов», позволяют эксплуатировать оборудование за пределами назначенных показателей с учетом реализации современных подходов по определению фактического технического состояния оборудования, в том числе с применением средств неразрушающего контроля. Как следствие и с учетом современных экономических условий взаим плановых заводских (средних) ремонтов установок выполняются работы по восстановлению технической готовности по фактическому техническому состоянию.

В целом комплекс работ по продлению назначенных показателей включает следующие этапы:

1. Определение фактического состояния оборудования по результатам освидетельствования.
2. Разработку фактической и планируемой на продлеваемый период модели эксплуатации установки и отдельного оборудования.
3. Расчетный анализ возможности эксплуатации оборудования по условиям прочности.
4. Подготовку заключений о возможности эксплуатации отдельного оборудования и систем, а также реакторной установки в целом.
5. Оформление решения о продлении эксплуатации ЯРУ совместно с заинтересованными организациями.

Кроме того, объем работ по восстановлению технической готовности в общем предусматривает:

1. Замену (ремонт) вышедших из строя изделий;

2. Проведение регламентных работ по обслуживанию оборудования (ревизии);
3. Проведение химических отмывок систем и оборудования;
4. Проведение испытаний.

Таким образом, указанные мероприятия позволяют увеличить жизненный цикл ЯРУ и судна в целом.

УДК 621.039

КОТ А.В., ЛЕБЕДЕВ В.В., НОВИКОВ Д.И., ХОХЛОВ В.Н.

РАСЧЕТ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ РАДИОФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

В настоящее время в медицине всё большую распространенность приобретают источники ионизирующих излучений. В связи с этим возрастает необходимость перевозки источников, что ведет к увеличению количества спецтранспорта. Транспортировка радионуклидов должна осуществляться в соответствии с нормативными документами, которые устанавливают требования безопасности при транспортировании радиоактивных материалов.

Для обеспечения требований безопасности, необходимо устанавливать на транспорт защиту, уменьшающую эквивалентную дозу облучения до допустимых значений. Расчет защиты определяется следующими условиями:

1. Интенсивностью и видом излучения;
2. Типом транспортного контейнера (упаковки);
3. Типом транспортного средства.

В данной работе выполнен расчет биологической защиты для перевозки источника на автомобиле Лада-Ларгус. Груз представляет собой транспортировочный контейнер Типа «А» (масса 5 кг) из полиэтилена. Внутри контейнера находится вольфрамовый контейнер (масса 14 кг) с радиофармацевтическим препаратом. Суммарная активность груза внутри контейнера 300ГБк. Активность на поверхности транспортного средства менее 5 мЗв/ч. Перевозимое вещество – радионуклид I-123, источник γ -излучения с энергией γ -квантов $E = 160$ кэВ.

Из расчета были получены значения толщины защиты:

- за водителем сиденьем – 4,5 мм;
- со стороны днища автомобиля – 1,8 мм.

Полученные результаты эквивалентных доз облучения с защитой не превышают допустимых значений, установленных правилами безопасности [1].

1. Правила безопасности при транспортировании радиоактивных материалов: НП-053-04:утв. постановлением Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 4 октября 2004 г. №5: введ. в действие с 5.01.2005. – М., 2004.

УДК 621.039

ЛЕБЕДЕВ В.В., КОТ А.В., НОВИКОВ Д.И., ОБИДИНА К.А., ТРЯКОВ Д.И.

ПУТИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕПЛООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В СУДОВЫХ ЯДЕРНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

В настоящее время в разработке теплообменных аппаратов для судовых ЯЭУ актуальным вопросом так и остается вопрос об уменьшении массогабаритных характеристик

оборудования ввиду ограниченности пространства реакторных отсеков. Для повышения эффективности теплообменников без существенного изменения габаритных характеристик используют различные способы интенсификации теплообмена.

Совершенствование теплообменных аппаратов рассматривалось во множестве работ. В работе [1] рассматривается интенсификация теплообменных процессов за счет оребрения внутритрубного пространства теплообменника. Оптимальной геометрией профиля является шестиконечная звезда, другие рассмотренные варианты значительно увеличивают гидравлические потери в контуре.

В работе [2] авторы рассматривали влияние использования винтовых перегородок в межтрубном пространстве. Использование данного конструктивного решения приводит к увеличению коэффициента теплопередачи в $\approx 1,4$ раза относительно стандартных опорных перегородок в подогревателях.

Наибольший вклад в термическое сопротивление вносит сопротивление пристеночного ламинарного слоя. В работе «Интенсификация процесса теплообмена в кожухотрубчатых теплообменниках» авторы сообщают, что ликвидация застойных зон в межтрубном пространстве происходит при использовании распределительных камер на входе и выходе теплоносителя из межтрубного пространства, а также, что кольцевые канавки и сжатый профиль труб значительно повышают теплоотдачу на наружной поверхности трубной системы.

Способы интенсификации теплообменного процесса были изучены при помощи экспериментального стенда. Были рассмотрены два механизма: на основе эжекции газа в поток с внешнего источника и газовыделение в ядре потока при помощи сопла. Эти способы различаются размерами газовых пузырьков, которые образуются в сопле за счет механического дробления и кавитации жидкости в сопле, или же из-за эжекции атмосферного или подогретого воздуха. Основным механизмом интенсификации теплообменного процесса заключается в разрушении ламинарного вязкого подслоя жидкости пузырьками газа. Использование эжектора и подмесь крупнопузырькового газа интенсифицирует процесс теплообмена на $\approx 10\%$. Использование сопла также дает положительный эффект в интенсификации теплообмена, увеличивая коэффициент теплоотдачи на $\approx 13\%$. Основным недостатком, который выявился при использовании эжектора, - скопление газа в оборудовании. Этого можно избежать, если добавить в тракт циркуляции систему воздушников или газоудаления. Установка сопла таких недостатков за собой не несет, поскольку парогазовый пузырь конденсируется в ядре потока, и его дальнейший вывод из среды не нужен. Использование сопла на холодной петле негативно сказывается на процессах теплообмена. Этот процесс требует дополнительного исследования, в качестве первичного предположения была выдвинута гипотеза о возможности экранирования тепла парогазовым пузырем.

Библиографический список

1. **Олесевич, К.А.** Экспериментальное исследование теплогидравлических характеристик кожухотрубного теплообменного аппарата с винтовой перегородкой / К.А. Олесевич, А.К. Олесевич, М.И. Осипов // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. 2004. № 2. С. 262-265.
2. **Глухарев, А.С.** Повышение эффективности теплообменных аппаратов за счет оребрения внутритрубного пространства / А.С. Глухарев, Е.С. Навасардян // Молодежный научно-технический вестник. - 2017. - № 1.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ РЕФЛЕКС-РАДАРНОГО УРОВНЕМЕРА ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ РАСПЛАВОВ МЕТАЛЛОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

В России проводятся работы по проектированию РУ БРЕСТ (свинцовый теплоноситель) и СВБР (свинцово-висмутовый теплоноситель). Для контроля различных параметров течения тяжелого жидкометаллического теплоносителя (ТЖМТ) в корпусах РУ необходимы надежные методы и устройства.

В открытых источниках есть достаточно обширной информации по различным методам измерения уровня различных жидкостей, приводятся сравнительные характеристики данных методов, в том числе в зависимости от физико-химических характеристик контролируемой среды [1]. Однако анализа методов контроля уровня жидкости с учетом свойств и условий работы в ТЖМТ в открытых источниках нет. В связи с тем, что параметры ТЖМТ фактически являются экстремальными или не пригодными для традиционных средств измерения, измерение уровня является сложной технической задачей [2].

На данный момент самым простым и надежным решением измерения уровня для нужд стендовых экспериментальных контуров является электроконтактный уровнемер. Несмотря на свои достоинства (технологичность конструкции в производстве и эксплуатации, достаточная точность измерения), данный тип уровнемеров имеет серьезный недостаток в конструкции, при котором невозможно обеспечить требуемые степени герметичности узла и установки в целом. Таким образом, необходимо найти и разработать принципиально другие методы и устройства измерения уровня ТЖМТ в герметичных емкостях.

В настоящее время в технологические процессы различных отраслей промышленности внедряются средства, основанные на локации контролируемой среды микроволновыми импульсами [3]. Волноводные радарные уровнемеры основаны на методе импульсной рефлектометрии с временным разрешением (TDR), который применяется при тестировании повреждений в кабелях связи [4]. Достоинством данной технологии является: непрерывное измерение уровня любых сред, применение даже при самых тяжелых условиях процесса. Работа устройства по данному методу позволяет обеспечить необходимую герметичность узла и установки в целом.

Коллектив авторов планирует проведение дальнейших исследований, в том числе экспериментальных, на предмет применимости и реализуемости данного метода контроля уровня жидкости с учетом свойств и условий контуров с ТЖМТ. Разрабатываемое устройство контроля уровня ТЖМТ будет полезно как для стендовых экспериментальных контуров, так и для реакторных энергетических установок, ускорительно-управляемых систем и термоядерных установок.

Библиографический список

1. Методы измерения и контроля уровня. Виды уровнемеров. Сравнение и обзор уровнемеров [Электронный ресурс] // ЭлектроТехИнфо: Электротехнический портал. 2017. URL: https://eti.ru/articles/izmeritelnaya-tehnika/izmeritelnaya-tehnika_1521.html
2. **Безносков, А.В.** Оборудование, компоновка и режимы эксплуатации контуров с тяжелыми жидкометаллическими теплоносителями в атомной энергетике / А.В. Безносков, Т.А. Бокова; Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2011. – 536 с.
3. **Мельников, В.И.** Разработка и исследование микроволнового рефлекс-радарного уровнемера жидкости / В.И. Мельников [и др.] // Датчики и системы. 2017. №3 (212) . С. 50-54.
4. **Тарасов, Н.А.** Использование метода импульсной рефлектометрии для определения повреждений кабельных линий [Электронный ресурс] / «СТЭЛЛ». 2005. 12 января. URL: <http://reis.narod.ru/metod.htm>

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ НАСОСОВ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ПЕРСПЕКТИВНЫХ РЕАКТОРНЫХ УСТАНОВОК С ТЯЖЕЛЫМ ЖИДКОМЕТАЛЛИЧЕСКИМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ ПРИ ОТНОСИТЕЛЬНО НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Научная направленность доклада относится к атомной энергетике, реакторным установкам РУ с тяжелыми жидкометаллическими теплоносителями (ТЖМТ) – свинец и эвтектика свинец-висмут. В докладе ставятся цели и задачи исследования подшипников скольжения для насосов, перекачивающих ТЖМТ, обозначаются проблемы конструирования и эксплуатации в указанных условиях, основываясь на имеющемся опыте. Данный опыт применим как к энергетическим реакторам с высокими температурами ТЖМТ (400-550°С), так и отчасти к ускорительно-управляемым системам и исследовательским реакторам с температурой ТЖМТ порядка 200-350°С. Обоснован выбор типа подшипника скольжения для дальнейших исследований его работоспособности в условиях низких температур ТЖМТ.

При указанных температурах затруднено регулирование содержания кислорода в ТЖМТ, а значит наиболее вероятен режим работы подшипника с забитыми каналами, что может привести к значительному износу. Данное обстоятельство заставляет предъявлять более жесткие требования к надежности и долговечности подшипниковых опор и к поддержанию технологии теплоносителя.

По завершению выполнения работ планируется получить следующие результаты: тормозящий момент силы, развиваемый на валу, распределение поля температур в стенке подшипника, анализ шлифов и измерение изменения шероховатости трущихся поверхностей, при различных режимах эксплуатации, в том числе после ресурсных испытаний. Данные результаты позволят составить выводы и рекомендации по конструированию, производству и эксплуатации гидростатического подшипника.

В ходе испытаний вероятно невозможность регулирования содержания кислорода в ТЖМТ при температурах 200-350°С, а значит и работа ГСП с забитыми каналами – режим «сухого» трения. Для преодоления данного обстоятельства в ходе эксперимента возможна выработка методики поддержания технологии теплоносителя, что является побочным полезным результатом.

Библиографический список

1. **Безносков, А.В.** Технологии и основное оборудование контуров реакторных установок, промышленных и исследовательских стендов со свинцовым и свинец-висмутовым теплоносителями / А.В. Безносков, Т.А. Бокова, П.А.Боков // Нижегород. гос. техн. ун-т, Н. Новгород, Литера, 2016. – 488 с.
2. **Будов, В.М.** Насосы АЭС / В.М. Будов. – М.: Энергоатомиздат. 1986 – 408 с.
3. **Безносков, А.В.** Тяжелые жидкометаллические теплоносители в атомной энергетике /А. В. Безносков, Ю. Г. Драгунов, В. И. Рачков. – М.: ИздАТ, 2007. – 433 с.
4. **Антоненков, М.А.** Обоснование проектных решений гидростатических подшипников главных циркуляционных насосов реакторов на быстрых нейтронах, охлаждаемых свинцовым и свинец-висмутовым теплоносителями : дис. ... на соис. уч. ст. канд. техн. наук : 05.04.11 / Антоненков Максим Александрович; [Место защиты: ОАО ОКБ "Гидропресс"]. - Нижний Новгород, 2013. - 260 с.
5. **Синев, Н.М.** Бессальниковые водяные насосы / Н.М. Синев, П.М. Удовиченко. – М. : Атомиздат, 1972 – 494 с.
6. **Воскресенский, В.А.** Расчет и проектирование опор скольжение (жидкостная смазка) / В.А. Воскресенский, В.П. Дьяков. – М.: Энергоатомиздат, 1984.

ТЕПЛООБМЕН В ЯЭУ С ГАЗОНАСЫЩЕННЫМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Современные и перспективные транспортные ядерные энергетические установки должны отвечать требованиям безопасности и надежности, иметь повышенные технико-экономические характеристики. Такие показатели при проектировании достигаются системным подходом в анализе полувекового опыта эксплуатации транспортных ЯЭУ.

В реакторной установке нового поколения РИТМ-200 для перспективного атомного ледокола используется простая и всесторонне отработанная газовая система компенсации объема [1]. Данная газовая система имеет несколько известных недостатков, один из которых – насыщение теплоносителя газом, в данном случае азотом. Поскольку система компенсации не лишена возможности массообмена с основным трактом циркуляции, растворенный азот может находиться на любом участке этого тракта.

Растворимость газа зависит от температуры и давления, что делает возможным его выделение в оборудовании реакторной установке, а также на теплообменных поверхностях. Этот процесс подробно рассмотрен в работе [2].

В рамках данной работы нас будет интересовать влияние растворенного газа про процесс теплообмена, поскольку именно условие надежного отвода тепла от активной зоны является основным требованием теплотехнической надежности установки. Растворенный газ может выделяться на теплообменных поверхностях и в ядре потока теплоносителя при определенных условиях. В работах [3,4] рассмотрено явление «газового кипения» и влияние растворенного газа на критический тепловой поток.

На текущем этапе был составлен стенд, позволяющий создавать газовыделение в ядре потока и оценивать влияние этого процесса на коэффициент теплоотдачи. Выделение газа достигается за счет установки сужающего сопла. Такое решение взято из соображений о размере газовых пузырей.

Было получено, что газовыделение в ядре потока (если поток является теплоносителем) увеличивает коэффициент теплоотдачи на $\approx 11\%$. Если газ выделяется в потоке, который получает тепло, то теплообмен ухудшается.

Библиографический список

1. Реакторная установка нового поколения РИТМ-200 для перспективного атомного ледокола / Д.Л. Зверев [и др.] // Атомная энергия. – 2012. – Т. 113, вып. 6. – С. 323-328.
2. Газоперенос и газовыделение в первом контуре водо-водяного реактора / А.А. Касперович [и др.] // Атомная энергия. – 1974. – Т. 36. Вып.5. – С. 387-389.
3. Влияние растворенного в воде газа на кризис теплоотдачи / В.В. Ложкин [и др.] // Атомная энергия. – 1982. – Т. 52. Вып. 4. – С. 327-328.
4. О природе «газового» кризиса кипения / Н.В. Васильев [и др.] // ТВТ. – 2015. – Т. 53. Вып. 6. — С. 881-884.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СМЕШЕНИЯ НЕИЗОТЕРМИЧЕСКИХ ПОТОКОВ В МОДЕЛИ-ИМИТАТОРЕ ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩЕЙ СБОРКИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Одним из основополагающих факторов, который следует учитывать при проведении анализа безопасности ядерных реакторов, являются механизмы смешения и распределения потоков.

С каждым годом возрастают требования, предъявляемые к проектируемым и перспективным ядерным энергетическим установкам (ЯЭУ). Помимо высокой эффективности работы и растущих потребностей в мощности, обязательным условием их работы стало обеспечение безопасности при проектных авариях, а также она должна быть прогнозируемой при запроектных авариях. Одним из факторов, оказывающих прямое влияние на эти параметры, являются процессы смешения, которые происходят в оборудовании ЯЭУ. Эти процессы оказывают существенное влияние на условия работы реакторной установки, ее нейтронную физику, гидравлику, безопасность, прочность. Наиболее критичными в этом плане выступают режимы работы, связанные с изменением мощности, возможным отключением циркуляции одной из петель (несимметричный подвод), вводом жидкого поглотителя, неравномерностью подогрева теплоносителя [1].

С целью продолжения исследований этих процессов, модель, созданная ранее и представленная одной циркуляционной петлей судовой ЯЭУ (прототип ЯЭУ КЛТ-40) [2], была модернизирована и дополнена единичной масштабной (1.6:1) моделью-имитатором тепловыделяющей сборки (ТВС) основного массива. Помимо этого модель была оснащена патрубками для организации подвода теплоносителя четырьмя циркуляционными петлями.

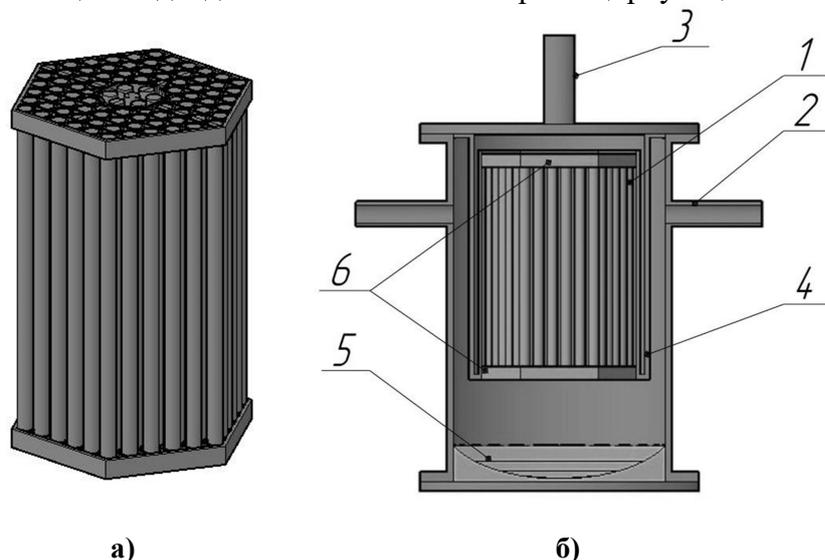


Рис. 1. Общий вид исследовательского стенда: а – модель-имитатор ТВС; б – вид стенда в сборе: 1-модель-имитатор ТВС; 2-патрубок подвода теплоносителя; 3-патрубок отвода теплоносителя; 4-обечайка; 5-вставка эллиптическая; 6-дистанционирующие решетки

Библиографический список

1. Крапивцев, В.Г. Модельные исследования межпетлевого перемешивания теплоносителя во внутриреакторном напорном тракте ВВЭР-1000 / Г.В. Крапивцев, В.И. Солонин // Атомная энергия 2018. - Т. 125, № 5. - С. 271 – 277.
2. Исследование процессов смешения неизотермических потоков на однопетлевой модели реакторной установки / А.А. Сатаев [и др.] // Современные наукоемкие технологии. – 2018. – № 3. – С. 96-101.

АНАЛИЗ МЕТОДИК РАСЧЕТА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ МЕЖТРУБНОГО ПРОСТРАНСТВА ДЛЯ МОДУЛЬНЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Поставлена задача теоретически определить потери давления ΔP , при прохождении через теплообменник рабочей среды (воды). Данный теплообменник представляет собой квадратный кожух, в котором в определенном порядке расположены змеевики, вертикально. Для расчета гидравлических потерь в теплообменнике, змеевиковая система будет рассматриваться в виде упорядоченной пористой структуры.

В общем случае гидродинамика потока в пористых материалах описывается модифицированным уравнением Дарси [1]:

$$\Delta P = (\alpha \cdot \mu \cdot V_{\phi} + \beta \cdot g \cdot V_{\phi}^2) \cdot L \quad (1)$$

Для решения указанной задачи будем пользоваться несколькими методиками, описанными в статье [2]:

В первой методике была предложена следующая зависимость для определения потерь давления в пористом материале:

$$\Delta P = \left(\frac{A \mu W_{\text{пор}}}{2 \Pi d_{\text{ср}}^2 \left(1 + \frac{1}{\alpha}\right)^2} + \frac{B g W_{\text{пор}}^2}{2 \Pi d_{\text{ср}}^2 \left(1 + \frac{1}{\alpha}\right)} \right) \cdot L \quad (2)$$

где ΔP – перепад давления на слое L , Па; L – толщина пористого слоя, м; μ – динамическая вязкость рабочей среды, Па/с; $W_{\text{пор}}$ – средняя скорость среды в порах, м/с; Π – пористость; $d_{\text{ср}}$ – средний размер пор, м; α – параметр, характеризующий дисперсию пор по размерам; ρ – плотность рабочей среды, кг/м³, A и B – эмпирические коэффициенты ($A = 220$, $B = 2$).

Во второй методике для расчета потерь давления в пористом материале следующая расчетная зависимость:

$$\Delta P = (A \cdot \mu \cdot V_{\phi} + B \cdot g \cdot V_{\phi}^2) \cdot L \quad (3)$$

где A и B – вязкостные и инерционный коэффициенты сопротивления соответственно. Данные коэффициенты не зависят от свойств рабочей среды, а их отношение имеет размерность длины и может быть использовано в качестве характерного размера пористой структуры. Вязкостный коэффициент A является обратной величиной проницаемости:

$$A = 1/K \quad (4)$$

Инерционный коэффициент сопротивления связан с проницаемостью приближенным выражением:

$$B = C/\sqrt{K} \quad (5)$$

где $C = 0,7$, если поверхность структуры гладкая.

Заменяем коэффициенты A и B в выражении (3) на выражения (4) и (5):

$$\Delta P = \left(\frac{1}{K} \cdot \mu \cdot V_{\phi} + \frac{C}{\sqrt{K}} \cdot g \cdot V_{\phi}^2 \right) \cdot L \quad (6)$$

Далее результаты, которые будут получены после расчета по данным методикам, будут сравнены с имеющимися экспериментальными данными.

Библиографический список

1. Харитонов, В.В. Теплофизика лазерных зеркал: учеб. пособие / В.В. Харитонов. – М.: МИФИ, 1993. – 152 с.
2. Добров, А.А. Экспериментальные исследования и расчетное моделирование гидравлических потерь в каналах с вставками из открыто-пористого проволочного материала / А.А. Добров, А.Е. Хробостов, Д.С. Тимаев, Г.Н. Качалин, А.В. Копалкин, Е.А. Кудряшов // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2019. – №4 (127). – С. 72-80.

СТЕНД ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ПРОЦЕССА ТЕПЛООБМЕНА С ДОБАВЛЕНИЕМ ПАРОГАЗОВОЙ СМЕСИ В ТЕПЛОНОСИТЕЛЬ

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

На современной стадии развития транспортных ядерных энергетических установок важными параметрами являются безопасность, надежность и экономичность [1]. На эти качества прямое влияние оказывают характеристики теплогидравлических процессов установки. Для того чтобы обеспечить теплотехническую надежность, важно выполнять постоянный и интенсивный теплосъем со всех теплогенерирующих элементов установки. Получить большие поверхности теплообмена не удастся из-за ограниченного пространства в отсеках судовой ЯЭУ, поэтому необходима интенсификация теплообмена.

С целью обоснования интенсификации теплообмена необходимо прибегать к математическому и масштабному моделированию теплогидравлических процессов, учитывая эффективность установки в целом. Стенд, созданный на основе лабораторного комплекса экспериментальных теплофизических стендов, представляет собой секцию однотрубного прамотрубного парогенератора (рис. 1).

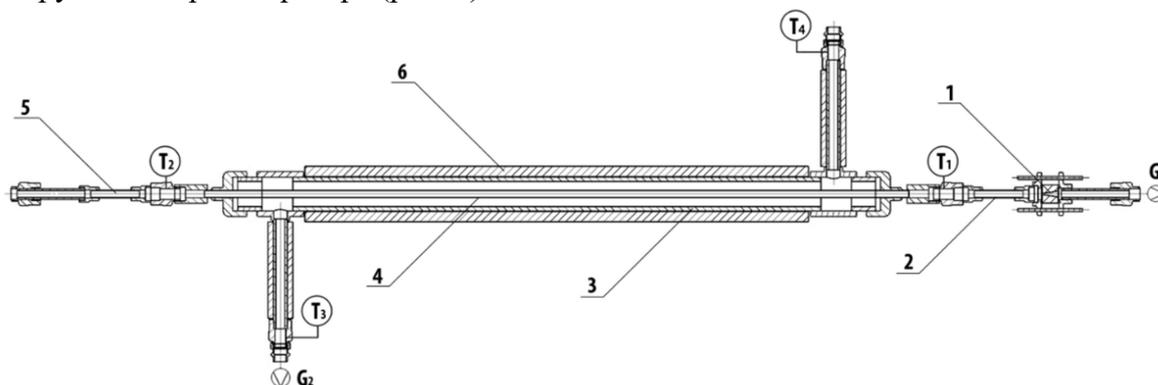


Рис. 1. Внешний вид модели:

1 – кавитатор; 2 – окно визуализации на входе; 3 – кожух; 4 – внутренняя труба; 5 – окно визуализации на выходе; 6 – теплоизолятор

Направление движения сред является противоточным. Движение греющей среды происходит внутри трубы, а второго контура в межтрубном пространстве. Для создания двухфазного потока или двухкомпонентной среды на входе в центральную трубу есть возможность установить кавитатор или эжектор. Имеется окно визуализации для наблюдения за процессом. Для регистрации истинного объемного паросодержания используется «лазерный нож» и высокоскоростная съемка. Подача горячей воды осуществляется с насосной станции. Также имеется возможность поменять местами греющую и охлаждающую среду. Метод измерения – температурное зондирование терморезистивными датчиками.

Таблица 1. Технические характеристики стенда

Площадь теплопередающей поверхности	535 см ²
Максимальное давление среды в межтрубном пространстве	0,6 МПа
Максимальное давление в центральной трубе	0,8 МПа
Максимальная температура среды по обоим контура	до 80°С
Глубина разряжения кавитатора	до 0,015 МПа
Скорость на выходе из кавитатора	13 м/с

Целью создания стенда является исследование влияния неконденсируемых газов и кавитации на теплогидравлические процессы.

1. **Африкантов, И.И.** Судовые атомные паропроизводительные установки / И.И. Африкантов, Ф.М. Митенков. – Л.: Судостроение, 1965. – 376 с.

УДК 621.039

ХВОЙНОВ О.В., БЕРЕЗИН А.А., НОВИКОВ Д.И., ХОХЛОВ В.Н.

ПРОЕКТ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ВЛИЯНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ СЛОЕВ ЗАЩИТЫ НА ОСЛАБЛЕНИЕ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ В «ШИРОКОМ» ПУЧКЕ

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Атомная энергетика – это самый молодой из освоенных человечеством способ получения энергии, который, при всех своих плюсах, обладает рядом негативных факторов. Наиболее опасным из них является ионизирующее излучение. Сокращение получаемой дозы возможно путем сокращения времени пребывания под излучением, увеличение расстояния от источника излучения и создание барьеров защиты (биологическая защита). Среди видов ионизирующего излучения, своей проникающей способностью выделяется коротковолновое электромагнитное излучение – гамма-излучение. На практике часто возникает задача оптимизации защиты, т.е. уменьшение веса и габаритов.

Для изучения ослабления гамма-излучения в гетерогенной защите, комбинированной из различных материалов, был продуман проект данной лабораторной работы. Исследование ослабления гамма излучения в геометрии широкого пучка позволяет учесть влияние рассеянного гамма-излучения на процесс ослабления. При этом процесс рассеяния в защите, состоящей из слоев различных материалов, имеет свои особенности.

Помимо определения коэффициента ослабления, лабораторная установка позволит на практике ознакомиться с такими величинами, как средняя длина свободного пробега, толщина слоя половинного ослабления, фактор накопления.

Еще одной функцией лабораторного стенда, в перспективе, является верификация расчетных программ, таких как: DOT-III [1], DOT-Activ [2]. Данные расчетные программы основаны на математическом методе дискретных ординат. При расчете по программе DOT-III спектр излучения источника усреднялся по энергетическим группам. Функционал программы позволяет выполнять расчет в R-Z и X-Y геометриях.

В процессе проектирования программа DOT-III использовалась для выстраивания конфигурации стенда, проработки вариантов использования материалов, прогнозирования результатов работы стенда.

Таким образом, реализация проекта лабораторной установки в будущем позволит изучить особенности расчета комбинированной многослойной защиты, даст возможность проводить процедуры верификации, также улучшит навыки студента в расчете и оптимизации многослойной защиты, будет способствовать лучшему освоению специальных теоретических курсов: «Биологическая защита» и «Радиационная безопасность».

Библиографический список

1. **Rhoades, W.A.** The DOT III Two Dimensional Discrete Ordinates Transport Code / W.A. Rhoades, F.R. Mynatt // ORNLTM4280, 1973.
2. **Андреев, Н.Г.** Разработка программы DOT-Activ для расчета источников и уровней излучения остановленного реактора в 2D-геометрии / Н.Г. Андреев, В.Н. Вавилкин // Радиационная защита и радиационная безопасность в ядерных технологиях: сб. ст. X российской науч. конф. – М., 2015.

**ОБЗОР РОССИЙСКОГО ОПЫТА ЭКСПЛУАТАЦИИ АЭС
В МАНЕВРЕННЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Проблематика внедрения маневренного режима на энергоблоках АЭС и возможные пути преодоления возникающих при этом технических сложностей начали обсуждаться еще в СССР, одновременно с началом масштабного внедрения атомной генерации в энергосистему страны. Но особого развития данная тематика не получила, в отличие от Франции, в силу того, что требования к маневренности энергоблоков АЭС в каждом конкретном случае существенно зависят от ключевых характеристик энергосистемы, в состав которой они входят (тип и мощность других объектов генерации, график несения нагрузки и тому подобное).

Рассматривая энергоблоки АЭС с реакторами типа ВВЭР, следует отметить, что энергоблоки с ВВЭР-440 изначально конструировались в значительной степени консервативно по основным параметрам и системам. Помимо этого, реакторы ВВЭР-440 отличаются от ВВЭР-1000 существенно более низкой напряженностью активной зоны, что заметно облегчает реализацию процессов снижения и подъема мощности.

В результате опыт, полученный за время функционирования парка АЭС с ВВЭР-440, позволил существенно оптимизировать эксплуатационные режимы и провести модернизацию большинства действующих энергоблоков с такими реакторами. Наиболее ярким примером в этом смысле может служить финская АЭС «Ловииса», на которой в настоящее время успешно эксплуатируются два энергоблока с форсированными реакторами типа ВВЭР-440 электрической мощностью по 520 МВт, способные работать в режиме следования за нагрузкой в довольно широком диапазоне от 50 до 100%.

Что касается работы энергоблока с ВВЭР-1000, то испытания работы блока в режиме следования за нагрузкой проводились на различных АЭС, начиная с 1998 г. Например, подобные испытания проводились на пятом блоке Запорожской АЭС (1998 г.) [1]. Особенность этого эксперимента заключается в том, что впервые были опробованы принцип локализации ксеноновых процессов и мягкое температурное регулирование, за счет этого управление реактором осуществлялось без увеличения количества выводимого из первого контура радиоактивного теплоносителя. Также стоит привести в качестве примера экспериментальной практики данные о работе реактора в суточном графике нагрузки 100-40-100 % в ходе испытаний на первом блоке Тяньваньской АЭС (2006 г.) [2]. Хотя данная АЭС номинально является зарубежным объектом, но она была построена по российскому проекту и эксперимент проходил под наблюдением российских специалистов.

Допустимая скорость изменения ключевых параметров реактора, количество циклов понижения и повышения мощности определяются особенностями конструкции оборудования, ретроспективной эксплуатации, диапазоном и регулярностью планируемого изменения величины параметров. При этом в процессе маневрирования, помимо технологических параметров самого реактора, меняются также и параметры пара, поступающего на турбину, что приводит к необходимости учета особенностей работы в режиме слежения за нагрузкой и при проектно-конструкторских проработках объектов второго контура.

Таким образом, улучшение маневренных характеристик энергоблоков АЭС является необходимым условием в случае ставки на укрепление роли атомной генерации в общем энергобалансе страны. Кроме того, маневренность как одна из опций комплексного предложения по сооружению АЭС, способствует расширению потенциальных рынков присутствия для российских проектов на международной арене. При этом внедрение режима маневрирования возможно принципиально разными путями, каждый из которых имеет свои особенности, и их оценка может различаться в зависимости от конкретных условий реализации проекта.

Исходя из этого, особенно остро встает вопрос расчетно-теоретического обоснования работы энергоблока в маневренных режимах работы.

Библиографический список

1. **Филимонов, П.Е.** Испытания маневренности ВВЭР-1000 на 5-м блоке Запорожской АЭС/ П.Е. Филимонов, С.П. Аверьянова, С.Г. Олейник, С.П. Климов, А.А. Депенчук // Атомная энергия. - 1998. - Т.85. Вып. 5.
2. **Филимонов, П.Е.** Испытание усовершенствованных алгоритмов управления энерговыделением ВВЭР-1000 в условиях маневренных режимов на Тяньваньской АЭС (Китай) / С.П. Аверьянова, К.Б. Косуров, Ю.М. Семченков, П.Е. Филимонов (РНЦ «Курчатовский институт»), ЛюХайтао, Ли Йоу (Тяньваньская АЭС) / Атомная Энергия. - 2007. - Т. 103. Вып. 5.

УДК 621.039.55

ХУДЯКОВ И.С., ВОРОШИЛОВ А.А., ВЛАСИЧЕВ Г.Н.

ОБЗОР ОСНОВНЫХ ПРЕИМУЩЕСТВ РАЗВИТИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) определяет «маломощные» реакторы – как реакторы мощностью до 300 МВт (электрических), «средней мощности» – до 700 МВт (электрических). В совокупности МАГАТЭ обозначает их как малые и средние реакторы (англ.: SMRs – smallandmediumreactors).

Сегодня, частично из-за высоких капитальных затрат на крупные энергетические реакторы, вырабатывающие электроэнергию с помощью парового цикла, а отчасти и из-за потребности в обслуживании небольших электрических сетей около 4 ГВт, существует тенденция к разработке маломощных установок. Также наблюдается тенденция к разработке маломощных реакторных установок, с возможностью работать автономно, для удаленных регионов. Маломощные установки рассматриваются как более разумные капиталовложения, по сравнению с установками большой мощности, чья большая стоимость приводит к долгой окупаемости установки при существующей цене электроэнергии.

Отчет Всемирной ядерной ассоциации за 2015 год [1], посвященный стандартизации лицензирования маломощных реакторов и унификации требований нормативного регулирования, объясняет огромный потенциал данных реакторов рядом факторов:

- в связи с их малыми размерами, малые реакторы могут быть полностью собраны на заводе-изготовителе, а затем установлены модуль за модулем, что повышает качество и эффективность сборки;
- малые габариты и особенности пассивных систем безопасности позволяют экспортировать их в страны со слабыми энергосетями и опытом в освоении ядерной энергетики;
- размеры, эффективность строительства и системы пассивной безопасности (использующиеся в меньших количествах) могут привести к упрощению финансирования по сравнению с более крупными установками;
- более того, достижение «экономии серийного производства» для конкретного проекта малого реактора в дальнейшем еще сильнее сократит расходы.

Кроме того, Всемирная ядерная ассоциация приводит в качестве особенности малых реакторов следующее:

- малая мощность, компактность и обычно, по крайней мере для ядерной паропроизводящей установки и связанных с ними систем безопасности, использование пассивных элементов. В связи с этим, в данных реакторах меньше

зависимости от активных систем безопасности и дополнительных насосов, а также источников переменного тока;

- компактность дает возможность реализовать помодульное изготовление (в пределах одного завода), что также позволяет внедрить более высокие стандарты качества;
- меньшая мощность приводит к снижению количества и меньшему числу типов выбрасываемых в атмосферу радиоактивных веществ в случае аварии, а также уменьшению количества накопленных радиоактивных материалов в реакторе;
- потенциальная возможность размещения под водой или под землей, где реакторная установка более защищена от естественных (например, сейсмических или цунами, в зависимости от местоположения) или техногенных (например, ударов с воздуха) опасностей;
- модульная конструкция и малые размеры позволяют иметь несколько блоков на одной площадке;
- возможность демонтажа реакторного модуля либо вывода его из эксплуатации «на месте» после окончания срока службы.

-
1. Facilitating International Licensing of Small Modular Reactors, Cooperation in Reactor Design Evaluation and Licensing (CORDEL) Working Group of the World Nuclear Association [Электронный ресурс].– URL:http://www.world-nuclear.org/uploadedFiles/org/WNA/Publications/Working_Group_Reports/REPORT_Facilitating_Intl_Licensing_of_SMRs.pdf

УДК 621.396

БИРЮКОВ З.С., МАЛАХОВ В.А., ПАНИН А.Н., РАЕВСКИЙ А.С., ЩЕРБАКОВ В.В.

РАСЧЕТ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РУПОРНОЙ ПИРАМИДАЛЬНОЙ АНТЕННЫ ДЛЯ БЕСПРОВОДНОЙ СИСТЕМЫ СВЯЗИ НА 220 ГГц

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Терагерцовый диапазон частот имеет неплохие шансы занять свою нишу в области беспроводных коммуникаций. Это объясняется тем, что данный диапазон имеет огромную пропускную способность, а это, в свою очередь, позволяет передавать большие объемы данных.

В качестве антенн для передающих и приемных устройств терагерцового диапазона могут быть использованы рупорные антенны, как в качестве самостоятельной антенны в беспроводной системе связи на короткие расстояния, так и в качестве облучателей в зеркальных антеннах – в системах на дальние расстояния связи.

Ввиду того, что генераторы терагерцового диапазона, как правило, имеют невысокую мощность излучения, то на антенны накладывается дополнительное требование - их высокой эффективности. У высокоэффективных антенн большая доля излученной мощности сосредоточена в главном лепестке диаграммы направленности. Уровень боковых лепестков таких антенн должен быть низким. Указанные требования приводят к усложнению конструкции антенны.

В докладе рассматривается антенна в виде пирамидального рупора, рассчитанного на частоту 220 ГГц. Расчет проводился с помощью САПР AnsoftHFSS. Рассмотрено несколько конструкций рупорной антенны: с тонкой и толстой толщиной стенок рупора, с четверть волновыми канавками на торцевой поверхности, предназначенных для устранения антенно-фидерного эффекта.

В докладе исследовано влияние на диаграмму направленности рупорной антенны от толщины стенок рупора, от количества четверти волновых канавок, их глубины и толщины гребенок между канавками. Эти исследования являются полезными при задании допусков на изготовление рупорных антенн.

Для подтверждения эффективности используемого для расчета САПР AnsoftHFSS было выполнено экспериментальное исследование диаграммы направленности реальной модели рупорной антенны, у которой стенки имеют конечную толщину.

Экспериментальное исследование антенны проводилось по стандартной методике измерения в дальней зоне. Исследуемая рупорная антенна (работающая в режиме приема) расположена на опорно-поворотном устройстве, углы поворота которого изменяются во взаимно перпендикулярных плоскостях. На некотором расстоянии в дальней зоне от рупорной антенны расположена вспомогательная передающая антенна, возбуждаемая генератором. Приемное устройство имеет индикатор мощности, поступающей на вход приемного устройства. Зависимость показаний этого индикатора от угла поворота в одной плоскости является диаграммой направленности рупорной антенны в этой плоскости.

При проведении измерений важно обеспечить отсутствие отражений от пола, потолка, стен и других окружающих предметов в измерительной лаборатории. Для ослабления влия-

ния отраженных сигналов на отражающие поверхности укладывались щиты радиопоглощающего материала ECCOSORB VHP-4-NRL.

Сравнение расчетных и измеренных экспериментально диаграмм направленности исследуемой антенны свидетельствует о высокой эффективности используемого при расчетах САПР AnsoftHFSS.

-
1. **Банков С.Е.** Расчет антенн и СВЧ структур с помощью HFSSAnsoft : учеб. пособие / С.Е. Банков, А.А. Курушин. – М.: ЗАО «НПП РОДНИК», 2009. – 246 с.

УДК 621.376

ДЖУБУЕВА М. М., БИРЮКОВ В. В.

МОДУЛЯЦИЯ В ТЕРАГЕРЦОВОМ ПРИЕМО-ПЕРЕДАЮЩЕМ УСТРОЙСТВЕ С УМНОЖИТЕЛЕМ ЧАСТОТЫ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Беспроводные сети связи в терагерцовом диапазоне частот обладают набором неоспоримых достоинств (широкая полоса частот, могут быть достигнуты скорости передачи данных в десятки гигабит в секунду). Однако в терагерцовом диапазоне плохо применимы разработанные методы генерации излучений соседних диапазонов и практически отсутствуют модулирующие устройства и усилители в выбранном диапазоне. Поэтому приходится использовать элементы, повышающие частоту, т.е. умножители частоты. В связи с этим задача о прохождении модулированных сигналов через умножители частоты является чрезвычайно актуальной.

В работе рассмотрена структурная схема приемника и передатчика линии связи терагерцового диапазона, в которой выходной сигнал формируется из сравнительно низкочастотного сигнала путем умножения частоты. Для широкополосной цифровой связи используются в основном три вида модуляции: амплитудная манипуляция, фазовая манипуляция и квадратурная модуляция. Однако единственным видом модуляции, подходящим для выбранной схемы передатчика, является амплитудная манипуляция. Использование других видов модуляции не представляется возможным в данной схеме из-за существенных искажений, возникающих при умножении частоты. На примере фазоманипулированного сигнала в работе показано, что после этих искажений восстановление исходного сигнала невозможно.

Рассмотрено прохождение амплитудно-манипулированного сигнала через диодный умножитель частоты. Используется кусочно-линейная аппроксимация ВАХ диода и метод угла отсечки. В качестве исходного сигнала взят амплитудно-манипулированный сигнал, который имеет вид последовательности радиоимпульсов с прямоугольной огибающей. Производится дискретизация исходного сигнала и построение его спектра с помощью быстрого комплексного преобразования Фурье. Спектр амплитудно-манипулированного сигнала, полученный быстрым преобразованием Фурье, содержит составляющую на несущей частоте и симметрично расположенные боковые полосы. Моделирование полосового фильтра осуществляется путем «вырезания» необходимой части спектра в окрестностях нужной гармоники. Восстановление исходного сигнала после фильтрации производится обратным преобразованием Фурье.

От выбора полосы пропускания фильтра зависит точность восстановления формы АМн сигнала, но ширина полосы пропускания ограничена некоторым допустимым значением. Дальнейшее увеличение приводит к тому, что будут захватываться составляющие соседних гармоник и возникнут дополнительные искажения формы сигнала.

Анализ полученных зависимостей позволяет сформулировать требования к основным узлам приемно-передающей системы для достижения требуемой скорости передачи данных.

ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ДАТЧИКА ТЕМПЕРАТУРЫ НА СВЯЗАННЫХ СВЕТОВОДАХ

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

В настоящее время широкое применение находят электрические датчики различных типов. Однако все более серьезную конкуренцию электрическим датчикам начинают составлять волоконно-оптические датчики (ВОД) [1], которые позволяют измерять практически все физические величины: давление, температуру, расстояние, вибрации, деформацию, звуковые колебания, магнитные поля и т.д.

В работе рассматривается чувствительный элемент датчика температуры на основе связанных световодов. Такой термодатчик обладает малыми габаритами и относительной простотой конструкции. Чувствительный элемент волоконно-оптического термодатчика на основе связанных световодов имеет вид, показанный на рис. 1.

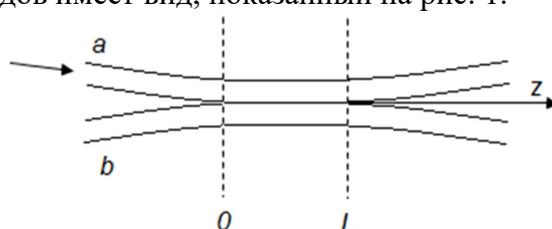


Рис. 1. Два связанных световода

Принцип действия такого чувствительного элемента основан на оптическом туннельном эффекте [3]. Данный способ позволяет с помощью дополнительного световода захватить часть электромагнитного излучения, выходящего за пределы сердцевины волокна, по которому передается сигнал. Явление оптического туннелирования состоит в том, что оптическое излучение проходит из среды с показателем преломления n_1 через слой с показателем n_2 ($n_2 < n_1$) в среду с показателем n_3 при углах падения, больших угла полного внутреннего отражения (рис. 2). Данное явление не вносит дополнительных потерь и обратного рассеяния.

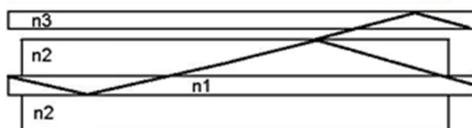


Рис. 2. Оптический туннельный эффект

Когда угол падения больше угла полного внутреннего отражения, свет распространяется не только в сердцевине, но и в оболочке оптического волокна. Таким образом, часть интенсивности светового излучения может быть передано в дополнительный световод. Величиной, характеризующей количество энергии, переходящей во второй световод, является коэффициент связи. При изменении температуры в чувствительном элементе меняются поперечные параметры волоконных световодов, что в свою очередь изменяет коэффициенты связи между ними. Таким образом, оптический сигнал от источника (лазера), вводимый в световод a (рис. 1), проходит в световод b в количестве, определяемом коэффициентом связи между ними, а, следовательно, температурой окружающей среды.

Библиографический список

1. **Окоси, Т.** Волоконно-оптические датчики / Т.Окоси, К.Окамото, М.Оцу : [пер. с япон.]. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1990. – 256с.
2. **Удд, Э.** Волоконно-оптические датчики / Э. Удд. – М.: Техносфера, 2008. – 520 с.
3. **Бусурин, В.И.** Волоконно-оптические датчики: Физические основы, вопросы расчета и применения / В.И. Бусурин, Ю.Р. Носов. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 256 с

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СИГНАЛОВ ОТ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ ДЛЯ СИСТЕМЫ ИНТЕРРОГАЦИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Волоконно-оптические датчики (ВОД) широко используются в системах мониторинга технологических процессов[1]. Благодаря высоким эксплуатационным свойствам, ВОД постоянно расширяют сферу своего применения. Возникающие задачи требуют от датчиков функционирования в экстремальных условиях, снижения весогабаритных характеристик, увеличения точности измерений. В данной работе представлена разработка системы периферии для ВОД. Задачи данной системы включают в себя непрерывный анализ аналоговых сигналов, поступающих от фоточувствительного элемента ВОД, а также возможность передачи полученной информации в цифровой форме по волоконно-оптической линии связи.

В качестве элементной базы устройства используется микроконтроллер ATmega328, работающий вместе с 16- разрядной платой ADS1115 – аналого- цифровым преобразователем, имеющим внутренний источник опорного напряжения, а также внутренний компаратор рис. 1 [2].

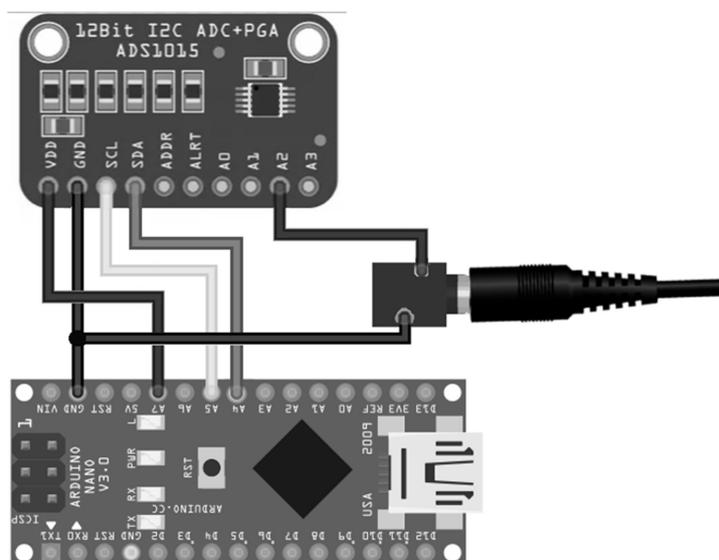


Рис.1. Элементная база разрабатываемого устройства

Работа с устройством на программном уровне сводится к обработке состояний аналоговых входов, изменению частоты дискретизации в зависимости от типа ВОД, а также обеспечению нужного уровня быстродействия. Для связи микроконтроллера с компьютером используется протокол последовательной асинхронной передачи данных UART. С помощью конвертера USB-RS232 – FT232RL информация от ВОД может быть передана через интерфейс USB.

Библиографический список

1. Качуга, С.М.. Перспективные оптоволоконные датчики и их применение / С.М. Качуга, В.И. Постнов //М. : Нац. аэрокосм. ун-т «Москва. авиац. ин-т», 2019.– 77 с.
2. 16-Bit ADCs With Internal Reference, Oscillator, and Programmable Comparator: Texas Instruments //Johns Hopkins Incorporated, 2018. – 44 p.

**ПРИМЕНЕНИЕ ГРАДИЕНТНОГО МЕТОДА ДЛЯ РАСЧЕТА ПОТЕРЬ
В ВОЛНОВОДАХ С ШЕРОХОВАТЫМИ ЭКРАНИРУЮЩИМИ ПОВЕРХНОСТЯМИ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Любые твердые поверхности в той или иной степени шероховаты. Шероховатости проводящих экранирующих поверхностей могут оказывать существенное влияние на характеристики направляющих электродинамических структур, поскольку при попадании на шероховатую поверхность волна не только отражается в зеркальном направлении, но и рассеивается в любых других направлениях.

Существуют различные модели и методы для описания шероховатых поверхностей проводников и для вычисления потерь, вносимых такими проводниками в коэффициент передачи волноведущих структур [1,2]. В данной работе предлагается подход, основанный на представлении неровной поверхности в виде многослойной структуры, где проводимость материала от слоя к слою изменяется от нуля (проводимости воздуха) до проводимости металла, из которого изготовлен волновод. При расчетах используется метод ориентированных графов, позволяющий учесть многократные отражения волн от границ слоев, в результате которых формируется результирующее электромагнитное поле. Для каждого слоя записываются выражения для коэффициентов отражения и прохождения в соответствии с формулами Френеля, после чего строятся матрицы рассеяния и матрицы прохождения. В итоге можно, используя эти матрицы, получить выражение для коэффициента отражения моделируемой шероховатой поверхности. Это позволяет найти эквивалентную проводимость рассматриваемой шероховатой поверхности, т.е. такую проводимость, которая будет у идеально гладкой поверхности, имеющей такой же коэффициент отражения, как и шероховатая поверхность. Подставляя эту эквивалентную проводимость в известные выражения для вычисления потерь в экранированных волноводах, можно найти потери энергии волны при распространении по волноводу с указанными геометрическими размерами и наперед заданной формой шероховатости.

Результаты, полученные при использовании описанного метода, для проверки их точности, сравниваются с результатами моделирования аналогичного волновода в CST STUDIO, где для расчета шероховатой поверхности используется концепция поверхностного импеданса [3].

Библиографический список

1. **Kashurkin, O.** Measurements and simulation of conductor-related loss of PCB transmission lines / O. Kashurkin. – Missouri University of Science and Technology, 2016.
2. Estimation of losses per unit length in a rectangular waveguide with rough screening surfaces based on the concept of partial waves / V. Biryukov [et al.]. – ITM Web Conf., Vol. 30, 29th International Crimean Conference “Microwave & Telecommunication Technology” (CriMiCo’2019), 2019.
3. **Gold, G.** Analytical waveguide model precisely predicting loss and delay including surface roughness / G. Gold, K. Helmreich, K. Lomakin // IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement. 2018. V. 66. P. 2649 – 2662.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК РАДИОФОТОННОГО ДВУХКОНТУРНОГО ГЕНЕРАТОРА СВЧ СИГНАЛОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Использование методов радиофотоники в построении генераторов способствует улучшению характеристик устройств. Генераторы, построенные на базе СВЧ-оптоэлектроники, относятся к высокостабильным устройствам, по сравнению с генераторами, построенными на базе микроволновой электроники.

Оптоэлектронные генераторы (ОЭГ) используют одновременно твердотельные компоненты современной ВЧ и СВЧ-оптоэлектроники, волоконно-оптические тракты и традиционную элементную базу СВЧ/КВЧ-устройств.

В данной публикации представлены результаты эксперимента, в ходе которого были построены схемы одноконтурного и двухконтурного ОЭГ. Произведено измерение спектра генерации для одноконтурной и двухконтурной схемы ОЭГ.

Принцип построения ОЭГ схож с построением автогенераторов с линией задержки в цепи обратной связи. Основные характеристики ОЭГ – это спектр генерации и стабильность частоты. Из условия баланса фаз и амплитуд можно сделать вывод, что собственный спектр генерации включает в себя эквидистантный ряд частот, расстояние между которыми зависит от длины волоконного тракта: расстояние уменьшается с ростом длины волокна [1]. Увеличение длины волоконно-оптического тракта так же способствует уменьшению ЧМ-шумов, что экспериментально было доказано.

Уменьшение расстояния между двумя соседними модами затрудняет их фильтрацию с помощью полосно-пропускающего фильтра. Для решения данной проблемы используют многоконтурные схемы с одним управляющим плечом и двумя. Двухконтурная схема позволяет расширить область свободной дисперсии, а также сохранить низкий уровень ЧМ-шумов. Длина волоконных трактов подбирается так, чтобы $I_{\text{ВОТ1}} \gg I_{\text{ВОТ2}}$ и $I_{\text{ВОТ1}} = m * I_{\text{ВОТ2}}$, где m – целое число.

Для оценки шумовых характеристик необходимо учесть типичные для волоконно-оптических систем источники шума, приведенные на вход предварительного электронного усилителя: относительный шум интенсивности лазера, дробовый шум фотодиода (ФДМ) и тепловой шум. Шум интенсивности лазера может быть вызван спонтанным током, отражением от неоднородности ВОТ либо от фоточувствительного окна ФДМ, флуктуациями коэффициента усиления активной среды лазера или флуктуациями тока смещения ПЛМ. На выходе ФДМ он преобразуется в дробовой шум [2].

Одним из главных достоинств оптоэлектронных генераторов (ОЭГ) является возможность обеспечения одновременно широкого диапазона перестройки частоты генерации и низких частотных шумов. Расширение частотного диапазона до сотен гигагерц возможно благодаря входящим в состав данного генератора оптическим и оптоэлектронным компонентам и уменьшению кратковременной и долговременной нестабильностей частоты генерации.

Библиографический список

1. **Maleki, L.** Recent Progress in Opto-Electronic Oscillator // Microwave Photonics International Topical Meeting, 12-14 Oct. 2005. - P. 81-84.
2. **Yao, X.S.** A Dual-Loop Opto-Electronic Oscillator / X.S.Yao, L.Maleki, Y.Ji, G.Lutes, M.Tu // TMO Progress Report 42-135, November 15, 1998. - P.1-8.

**ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В САПР
ДЛЯ АНАЛИЗА ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНЫХ СТРУКТУР**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Использование электродинамического моделирования в современных системах автоматизированного проектирования (САПР) позволяет решить достаточно обширный класс задач. Одной из таких задач является анализ падения и распространения плоской электромагнитной волны через многослойные плоскопараллельные покрытия. Актуальность данного вопроса заключается в возможности эффективного применения подобных структур для защитных покрытий в широком частотном диапазоне [1]. При этом защитные свойства такого покрытия будут во многом зависеть от подобранного сочетания материалов для требуемого частотного диапазона, периода такой структуры. Уровень проходящего электромагнитного излучения будет определяться отражением от границ раздела композитного материала и затуханием в слоях.

При переходе к анализу многослойных структур в высокочастотном диапазоне, например в рентгеновском диапазоне, размеры защитных покрытий достигают значительно больших размеров по сравнению с длиной волны излучения. В представленной работе рассматривается падение плоской электромагнитной волны на многослойное плоскопараллельное покрытие бесконечное в плоскости слоев. Граничное условие элементарной ячейки периодически повторяет моделируемую структуру в двух направлениях до бесконечности. Для моделирования используются порты Флоке, которые являются специализированным граничным условием для обработки этого случая. Выбор минимального числа мод, фундаментальных типов волн Флоке TE (0,0) и TM (0,0) соответствует моделированию падающей на поверхность плоской волны [2]. Порты Флоке в САПР используются с периодическими структурами, позволяющими провести анализ плоских фазированных решеток и частотно-избирательных поверхностей, когда они могут быть идеализированы как бесконечно большие [3,4]. Анализ бесконечной структуры выполняется путем анализа элементарной ячейки. Использование данного метода анализа позволяет рассмотреть падение на структуру плоской волны под произвольным углом.

Временные ресурсы на расчет структуры могут значительно возрасти при установлении достаточной точности расчетов, особенно на высоких частотах. Для устранения этого недостатка, возможно применение принципа электродинамического подобия. При этом частотные характеристики материалов берутся на требуемой частоте (рентгеновской) и переносятся без изменений на более низкую частоту. При этом размеры структуры изменяются пропорционально изменению длины волны.

В представленной работе проводится анализ многослойных плоскопараллельных структур, представляющих чередование материалов сурьма, карбонат бора. Частоты, на которых производится анализ: (150–300) ГГц, что соответствует диапазону длин волн (2–1) мм. При этом частотная зависимость диэлектрической проницаемости перенесена из диапазона (20–10) нм в диапазон (2–1) мм. Характер распространения поля производится для многослойной структуры с диэлектрическими проницаемостями: 2,25 и 4.

Библиографический список

1. Аперидические многослойные зеркала нормального падения на основе сурьмы для области спектра 8–13 нм / Е.А. Вишняков, М.С. Лугинин, А.С. Пирожков [и др.] // Квантовая электроника. – Т. 41. – № 1. – С. 75–80.
2. **Курушин, А. А.** Использование каналов Флоке для моделирования периодической наноструктуры // Журнал радиоэлектроники. – 2010. – №. 11. – С. 3–3.

3. **Поленга, С.В.** Разработка и исследование отражательной антенной решетки для сетей спутниковой связи/С.В. Поленга, Ю.П. Саломатов// Сибирский журнал науки и технологий. 2010. №6.
4. **Tsai, F. C. E.** Designing a 161-element Ku-band microstripreflectarray of variable size patches using an equivalent unit cell waveguide approach/F. C. E. Tsai, M. E. Bialkowski//IEEE transactions on antennas and propagation. – 2003. – Т. 51. – №. 10. – С. 2953-2962.

УДК 537.872.3

НИКИТИН А.А., МАЛАХОВ В.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСФОРМАЦИИ ВОЛН КРУГЛОГО ОТКРЫТОГО ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ВОЛНОВОДА, ПОКРЫТОГО РЕЗИСТИВНОЙ ПЛЕНКОЙ ОТ ВАРИАЦИИ ПАРАМЕТРОВ СТРУКТУРЫ

Филиал ФГУП РФЯЦ ВНИИЭФ «НИИИС им. Ю.Е. Седякова»,
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Исследования электродинамических структур с нанесенными на них резистивными пленками осуществляются достаточно давно. Устройства с резистивными пленками используются при создании аттенуаторов, согласованных нагрузок, направленных ответвителей, фильтров типа мод.

Проектирование устройств СВЧ, КВЧ и оптического диапазона основывается на решение различных дифракционных задач. Для таких задач необходима информация о полном спектре волн. Электродинамические структуры с нанесенными на них резистивными пленками являются диссипативными структурами. Потери энергии вызваны двумя причинами: тепловые потери, так как в резистивной пленке существуют токи проводимости и электромагнитное излучение, вызванное этими токами. В диссипативных структурах с резистивными пленками существуют собственные волны: поверхностные, собственные комплексные и реактивно-затухающие волны и несобственные волны: вытекающие, медленные несобственные волны. Несобственные волны сейчас не в полной мере изучены.

В данной работе рассмотрены теоретические результаты исследования трансформации дисперсионных характеристик, характеристик затухания и распределения плотности потока мощности собственных и несобственных волн четырехслойного круглого открытого диэлектрического волновода, покрытого резистивной пленкой от значения проводимости резистивной пленки и диэлектрической проницаемости внешней области. Описание параметров пленки для расчета осуществляется методом поверхностного тока. Для записи граничных условий для тангенциальных компонент магнитного поля проводимость пленки во взаимно перпендикулярном направлении берутся разные значения. При больших значениях проводимости резистивной пленки наблюдается эффект экранирования, т.е. трансформация дисперсии и затухания волн в характеристики круглого экранированного волновода. Были произведены сравнения дисперсионных характеристик, характеристик затухания и распределения плотности потока мощности собственных и несобственных волн четырехслойного круглого открытого диэлектрического волновода, покрытого резистивной пленкой и четырехслойного круглого открытого диэлектрического волновода без резистивной пленки. При применении резистивных пленок могут исчезать или изменяться диапазоны существования собственных комплексных, вытекающих и медленных несобственных волн.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ДАТЧИКА ТЕМПЕРАТУРЫ НА ОСНОВЕ ВОЛОКОННОЙ БРЭГГОВСКОЙ РЕШЕТКИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

На практике все большее применение находят волоконно-оптические датчики (ВОД), которые позволяют измерять практически все физические величины: давление, температуру, расстояние, вибрацию, деформацию, звуковые колебания, магнитное поле и т.д. Такие датчики имеют высокую чувствительность, достаточно простую техническую реализацию, небольшие размеры и вес.

В работе рассматривается датчик температуры с чувствительным элементом на волоконной брэгговской решетке (ВБР). Принцип действия датчиков на основе ВБР состоит в том, что брэгговская длина волны (т.е. длина волны максимального отражения) в решетке зависит от физического воздействия на нее. При изменении температуры изменяется период ВБР, а следовательно, и брэгговская длина волны.

На рис. 1 представлена структурная схема исследуемого волоконно-оптического датчика температуры, в котором в качестве чувствительного элемента используется ВБР.

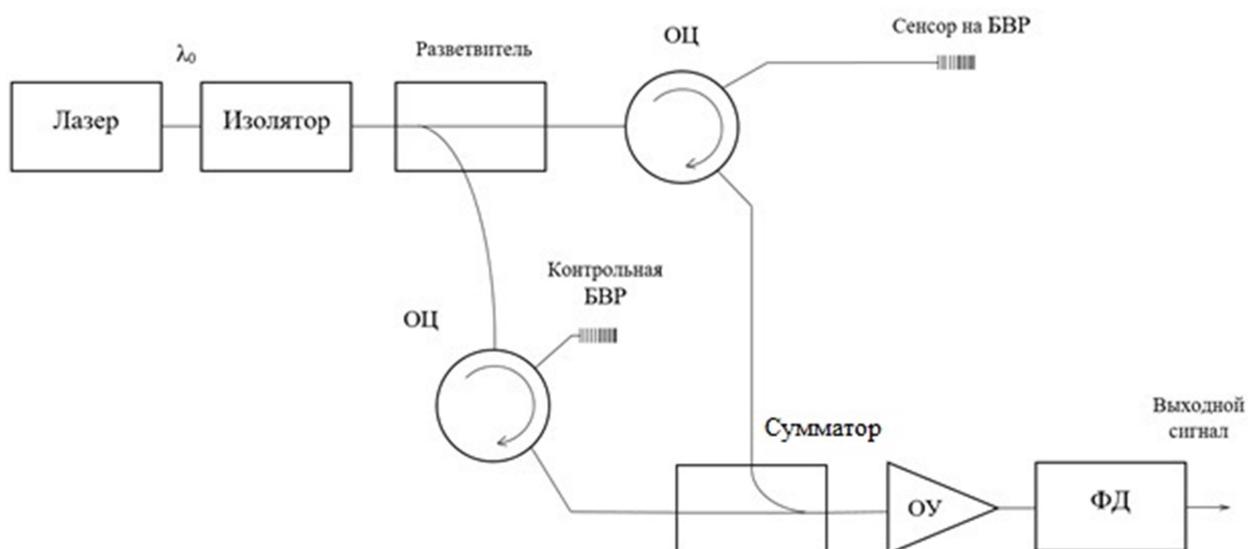


Рис.1. Структурная схема исследуемого волоконно-оптического датчика температуры:
ОЦ – оптический циркулятор; ОУ – оптический усилитель; ФД – фотодетектор

В схеме используются контрольная и измерительная ВБР. Их полосы отражения при температуре, равной контролируемой, пересекаются (рис. 2,а). Излучение с лазера на длине λ_0 поступает в изолятор, после на оптический разветвитель, с которого один выход идет на чувствительный элемент, другой на контрольную ВБР. Элементы датчика, за исключением сенсора, помещены в термостат.

В случае, когда контролируемая температура не меняется, на сумматоре происходит сложение двух отраженных от ВБР сигналов (рис. 2, а).

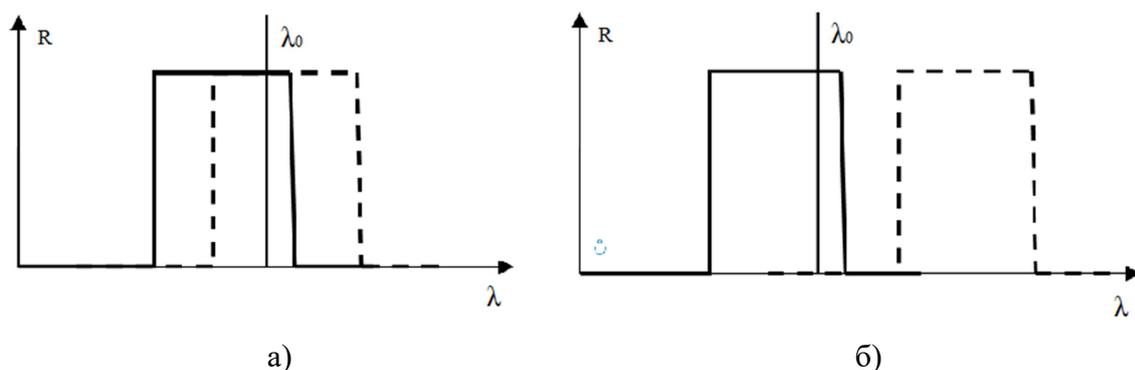


Рис.2. Коэффициенты отражения контрольной (сплошная линия) и измерительной (пунктирная линия) ВБР:
a – при заданной температуре; *б* – в случае нагрева

При увеличении температуры (рис. 2, б) происходит увеличение периода решетки измерительной ВБР, центральная длина волны, на которую приходится отражение, смещается в сторону более длинных волн. Отражения сигнала с длиной волны λ_0 в измерительной ВБР не происходит, и на сумматор приходит только отраженный от контрольной ВБР сигнал, в результате чего на выходе сумматора мощность уменьшается. Уменьшение мощности сигнализирует о превышении заданных пределов контролируемой температуры.

Библиографический список

1. Удд, Э. Волоконно-оптические датчики / Э. Удд. – М.: Техносфера, 2008. – 520 с.
2. Бусурин, В.И. Волоконно-оптические датчики: Физические основы, вопросы расчета и применения / В.И. Бусурин, Ю.Р. Носов. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 256 с.
3. Erdogan, T. Fiberglass spectra // J. of Lightwave Tech. – 1997. – V.5. – №8. – P. 1277-1294.

ФИЛОСОФСКО - МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОЗНАНИЯ

УДК 004. 167/168

ГЛУЗДОВ А.Д.

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ПРОЕКТНОГО МЕНЕДЖМЕНТА: ФИЛОСОФСКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И ФОРМИРОВАНИЕ ЕДИНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ПОЛЯ

Филиал ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» «НИИИС им. Ю.Е. Седакова»

Если посмотреть на проектный менеджмент под призмой социокультурной парадигмы, то проект – это не только достижение конечного результата, но и социально значимое явление. Посредством проекта человек стремится воплотить в жизнь что-то новое. С новым проектом приходят и новые рабочие места, формируются новые ценности. Проект, будучи симбиозом человеческого целеполагания, коммуникации и конструируемой реальности, – является аутопозной организацией [1], способной к строительству самого себя, созданию новых компонентов.

На всех этапах жизненного цикла проекта в разные эпохи времени были свои концептуальные особенности, которые влияли как на методы и модели управления проектами, так и на возможности совершенствования и оптимизации их. При исследовании истории развития проектного менеджмента становится зримой полная картина того, как зарождалось *управление проектами*, настоящее положение дел в этой сфере и будущие перспективы, т.е. потенциальные направления развития данной управленческой сферы. Обобщая примеры крупнейших проектов, можно реконструировать процессы, благодаря которым проясняются скрытые факторы, объясняющие то, как глобализация, технический прогресс и цифровизация – репрезентированы в современной реальности проектного менеджмента. Не опираясь на примеры из истории организации проектной деятельности и проблемы, с которыми сталкивались руководители проектов на разных этапах жизненного цикла одного и того же проекта, алгоритмы и модели для оптимизации проект-менеджмента, – невозможно разработать новое и универсальное программное обеспечение, объединяющее информационное поле всех участников проекта, учитывая их потребности.

Для полного погружения в исследования и разработку универсального продукта, необходимо разобраться в самом проектном менеджменте от этапа его зарождения до незримого будущего, ознакомившись с наибольшим количеством методов, алгоритмов и продуктов. Исследование истории развития проектного менеджмента есть расширение контекстуального поля автоматизации планирования работ [1], отработка категориального аппарата и знакомство с регулятивными принципами универсальной методологии.

1. Ермилов, А.Э. Сценарно-ситуационный подход в свете теории аутопойэзиса как основание для разработки автоматизированных систем управления / А.Э Ермилов, Т.Л. Михайлова // Международный журнал экспериментального образования. 2014. № 6-1. – С. 161-163.

ТЕМНАЯ СТОРОНА ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Нижегородский государственный технический университет имени Р. Е. Алексеева

В последнее время вместе с активным ростом популярности и роли больших данных, значительный прогресс искусственного интеллекта открывает широкие возможности для мошенничества. Фальшивые новости, затрагивающие социальные, экономические, политические вопросы, становятся серьезной проблемой. Распространяется понятие «*дипфейк*» – это создание при помощи искусственного интеллекта реалистичных фото, аудио, видео на основе существующих наборов данных.

Алгоритм анализирует несколько тысяч записей, а затем может заменить персонажа или подобрать требуемую речь. На этапе зарождения больших данных математические модели, лежащие в основе компьютерных программ, гарантировали долгосрочную пользу и перспективу.

Люди не обращали внимание на загадочность этих черных ящиков, и в большинстве своем приветствовали автоматизацию многих сфер жизни общества. По мере внедрения и развития подобных *нейросетей* становилось понятным, что их решения, порой даже неверные, оказывались за рамками обжалования. Такие вредоносные модели Кэти О’Нил назвала «*оружием математического поражения*» [1]. Например, после обработки имеющихся статистических данных, алгоритм дает заключение о том, что человек является ненадежным арендатором только на основе небольшого числа фактов, при этом, вовсе не учитывая текущую жизненную ситуацию и другие факторы, которые могли бы оказать влияние на итоги корреляции. То есть, несмотря на то, что нейронные сети пытаются «измерить» дружбу, оценить взаимные пересечения в социальных сетях, *концепция справедливости* ускользает от них, тем или иным образом.

Некоторые ученые и философы видят в искусственном интеллекте просто *инструмент по повышению качества жизни*. Так, Джон Серль утверждает, что невозможно появление машин, которые будут обладать самосознанием аналогично людям. Однако Ник Бостром считает иначе. На определенном этапе развития суперинтеллект перестанет быть обычным устройством, а превратится в полноценное существо с собственными потребностями [2]. Это может произойти благодаря постоянному совершенствованию технологий. Люди постараются заложить в программу количество информации, позволяющей искусственному интеллекту самостоятельно постигать окружающий мир. Также важнейшим вопросом является способ взаимодействия с суперинтеллектом.

Н. Бостром не отрицает возможности дружбы с ним и установления контроля. Ведь умные технологии так необходимы нам при анализе и устранении насущных проблем. Важно лишь в погоне за созданием сверхинтеллекта помнить о возможных последствиях.

На основе этой информации можно выделить несколько разновидностей опасности искусственного интеллекта: а) отслеживание; б) манипуляция данными; в) биометрическое распознавание; г) предсказание действий.

Таким образом, модели должны основываться не только на данных, но также и на основе человеческого выбора, затрагивающего не столько эффективность и выгоду, *сколько соображения морали*.

Библиографический список

1. **Кэти О’Нил.** Убийственные большие данные. Как математика превратилась в оружие массового поражения: [пер. с англ. В. Дегтяревой.] / Кэти О’Нил – М.: Изд-во АСТ, 2018 – С. 115-118.
2. **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.

3. **Генералова, Е.С.** Понятие «Большие данные» в контексте коммуникативистики / Е.С. Генералова, Т.Л. Михайлова // Будущее технической науки: сборник материалов XIII Международной научно-технической конференции. 2014. – С. 529–530.

УДК 14: 001.167/168 + 004

ГУЛЯЕВА У.И., МИХАЙЛОВА Т.Л.

БИНАРНАЯ ОППОЗИЦИЯ «СУБЪЕКТ – ОБЪЕКТ» КАК ДЕТЕРМИНАНТА ФОРМИРОВАНИЯ ПАРАДИГМЫ НОМОСУBERUS (НА ПРИМЕРЕ ЭМЕРДЖЕНТНЫХ ИНТЕРФЕЙСОВ)

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Актуальность темы связана с функционированием технонауки как формы бытия современной науки. NBICS-технологии, изменяющие универсум человеческого бытия, нуждаются в философско-методологическом осмыслении. Говоря о конвергентных технологиях, сложных динамических интерфейсах, обеспечивающих формы взаимодействия в киберфизических системах в рамках Четвертой Промышленной Революции (Industry 4.0), Интернета Вещей (Internet of Things), Межмашинных Взаимодействий (M2M), Разумной Среды (Smart X – Умный Город), Дополненной реальности, Искусственного Интеллекта, Нейрокомпьютерных интерфейсов [1] – необходима артикуляция роли трансдисциплинарного использования методологических приемов науки о Сложности (Complexity Science), самоорганизации аутопоэзиса, семиотического подхода интеграции итогов исследований проектов, нацеленных на киберфизические коммуникации. Исходной «клеточкой» для нас стало выделение бинарной оппозиции «субъект-объект» [2].

Историко-философский анализ дихотомии субъект-объектных отношений в контексте развития технологий – позволил «отработать» категориальный аппарат. Первая группа источников – работы, посвященные эволюции понятий «субъект», «объект», «субъективность»: труды Р. Декарта, И. Канта, М. Хайдегера, П. Рикера, Э. Мунье, Н. Кузанского. Их идеи – предпосылка формирования понятия «интерсубъективность» [3]. Генезису этого понятия посвящены работы Э. Гуссерля, В.И. Аршинова, А. Шюца, Н. Лумана – о вопросах «коллективного разума» и трансцендентальной интерсубъективности. Третья группа – это поиск дефиниции информационного общества на основе синергичной парадигмы: В.И. Аршинов, М. Кастельс, Дж. Рива.

Анализ эволюции понятий – «субъект» и «субъективность» – привел к рассмотрению трансформации субъект-объектных отношений в сферу интерсубъективности, что предполагает учет изменений парадигмы под влиянием развития технонауки. Рефлексивное осмысление истории информационных технологий выявило следующее: а) отправная точка развития ИТ – 30-е годы XX века, в частности, первые ЭВМ; б) в дальнейшем появление первых ПК, Интернета, глобальной сети, расширение возможностей для коммуникации через социальные сети – приводит к формированию информационного, сетевого общества; в) вследствие того, что в качестве объекта может выступать как сам субъект, так и коллективный разум, и сами взаимоотношения между участниками коммуникации, – рассматриваются формы субъект-объектного взаимодействия на основе синергичной парадигмы, определяющей взаимодействие между интерфейсами (Я/Я, Я/Тело, Я/Другой, Я/Вещь, Я/Виртуальное), и NBICS-конвергенции, определяющейся взаимодействием техники и формированием виртуального субъекта; г) развитие Интернета вещей, Индустрии 4.0, 3D-технологии и печати способствует формированию виртуального общества [4].

Таким образом, ценность методологического подхода состоит в теоретическом осмыслении закономерностей развития участников коммуникации, трактуемой через субъект-объектные взаимодействия в условиях технологической революции Индустрии 4.0., способ-

ствующей становлению новой парадигмы – НОМО CYBERUS, интерпретация которой невозможна без философского-методологического арсенала знаний, представленного бинарной оппозицией – «субъект-объект».

Библиографический список

1. **Чеклецов, В.В.** От Industry 4.0 к Природе 2.0 // Философские науки. 2014. № 11. – С. 112-120.
2. **Михайлова, Т.Л.** Бинарные оппозиции системного конструкта : дис... канд. философ. наук/ Т.Л. Михайлова. – Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского. – Нижний Новгород, 2008.
3. **Смирнова, Н.М.** Интерсубъективность как концепт науки и философии // Интерсубъективность в науке и философии. – М. : Канон, 2014. – С. 4-5.
4. **Жукова, Е.А.** Hi-Tech : феномен, функции, формы / Е.А. Жукова. – Томск : Издательство Томского государственного педагогического университета, 2007. – С. 98-157.

УДК 001.167/168: 004.91

ЗЕЛЕНОВ П.А., МИХАЙЛОВА Т.Л

МОДЕЛЬ Т. КУНА КАК ИНСТРУМЕНТ ИССЛЕДОВАНИЯ ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ ТРИБОЛОГИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Развитие *методологической культуры* современного инженера вряд ли возможно без знания истории научно-технической дисциплины, определяющей компетентность инженера в его профессиональной сфере. Трибология как наука, изучающая трение, износ и смазку, формирует важный смысловой контекст в подготовке специалистов, задействованных в расчете, конструировании энергетических установок. Помимо решения сугубо практических задач, трибология позволяет через изучение процессов ее эволюции значительно глубже погружаться в проблемы своей специальности. Этой науке повезло: ее история достаточно широко представлена в мировой [1; 2; 3] и отечественной историографии [4]. Но попытка пропустить историю трибологии через модель Томаса Куна исследователями ее истории никогда не предпринималась.

Поэтому *целью* исследования является оценка правомерности и эффективности применения данной модели к научно-техническим дисциплинам, что мы предпримем на примере рассмотрения истории трибологии через призму модели Т. Куна [5]. Несмотря на то, что основной сферой применения инструментария теории научных революций являются естественно-научные дисциплины – физика, химия и астрономия [6; 7], мы решились на эту апробацию, связанную с выяснением возможности применения данной модели к научно-техническим дисциплинам вообще [5].

Применение модели Т. Куна к истории трибологии позволяет выделить в ней следующие этапы:

1) *донаучный (допарадигмальный)* – временной этап от каменного века, когда трение было впервые осознанно использовано человеком для получения огня, – до XVII-XVIII вв., когда происходит первая научная революция и формируется парадигма, связанная с выводом теоретически и эмпирически подтвержденного закона трения Амонтона-Кулона в 1785 г. (Амонтон – 1699 г, Кулон – 1785г.).

2) *парадигмальный/додисциплинарный период* – с этого момента развитие науки о трении происходит циклично: периоды нормальной науки завершаются кризисами с появлениями новых или адаптациями существующих парадигм. Статусами парадигм оправданно наделить создание *теории гидродинамической смазки* Н. Петровым в 1883 г. и *адгезионно-деформационной и молекулярно-механической теорий* Ф. Боуденом (с сотрудниками) и

И.В. Крагельским соответственно в 1950-х гг.

3) *парадигмальный дисциплинарный период* – термин «трибология» предложен в докладе английского физика П. Джоста в 1966 г.; его появление знаменует *институционализацию науки о трении* и зарождение данной дисциплины. Период является логическим продолжением парадигмального дисциплинарного периода, в том числе в качестве революций предлагается рассматривать формирование *энергетической теории трения* (В. Костецкий, 1983 г.) и оформление теории *электростатического трения в конце 1990-х* (с участием Э. Мейера и др.).

Проведенные исследования показали, что модель Т. Куна является приемлемой при ее приложении к истории трибологии. Большинство широко освещавшихся открытий в сфере изучения трения и износа может быть описано в терминах Куна. Авторы убеждены, при должной глубине исследования концепция научных революций способна, кроме прочего, предвосхитить новые открытия и достижения трибологии, а также органично быть приложена и к другим научно-техническим дисциплинам, позволяя понять их генезис.

Библиографический список

1. **Dowson, D.** History of Tribology. 2nd Edn / D. Dowson.– London and Bury St Edmunds: Professional Engineering Publishing Limited, 1998.
2. **Ciulli Enrico.** Tribology and Industry : From the Origins to 4.0/ Ciulli Enrico. – Frontiers in Mechanical Engineering. – 2019. – V. 5. P. 55.
3. **Kato, K.** Industrial tribology in the past and future/ K. Kato. – in Proceedings of WTC2009 (Kyoto).
4. **Чичинадзе, А.В.** Основы трибологии. Трение, износ, смазка. – Издание второе, переработанное и дополненное / А.В. Чичинадзе. – М.-Машиностроение, 2000. – 665 с.
5. **Михайлова, Т.Л.** От модели Т. Куна - к конструированию концептуальной истории науки, или об одном учебном проекте // Революция и эволюция : модели развития в науке, культуре, социуме : сб. научн. Ст. ; под общ. ред. И.Т. Касавина, А.М. Фейгельмана ; Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского. – Нижний Новгород, 2017. – С. 62-65.
6. **Кун, Т.** Структура научных революций: [пер. с англ. И.З. Налетова.]/ Т. Кун. – М.: Прогресс, 1977. – 300 с.
7. **Кун, Т.** После «Структуры научных революций»: [пер. с англ. А.Л. Никифорова] / Т. Кун. – М. : АСТ; 2014. – 430 с.

УДК 001.8. 167

КРАСНОВ М.Е.

ИДЕАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ КОНСТРУКТ: СТАТУС И РЕАЛИЗАЦИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время как в России, так и в зарубежных странах, наблюдается высокий темп *развития радиоэлектронной аппаратуры*. Данный вид вычислительной техники встречается во множестве сфер человеческой деятельности и помогает решать различного рода проблемы, возникающие на основе потребностей современного общества.

Как правило, в ходе решения конкретной задачи возникают новые, часто более сложные *подзадачи*, для решения которых требуется технически развитая и совершенная аппаратура. Таким образом, к данной аппаратуре предъявляются огромные по объему сложные требования. Более того, ненасытное современное общество требует от любого технического устройства, главным образом, *универсальность*: оно должно охватывать максимально широкий круг задач. Описанные тенденции в развитии радиотехники ведут к существенному усложнению технических конструкций.

Приведем в качестве примера тенденции развития современных смартфонов. За последние годы имеют место неимоверные запросы общества к этому гаджету. Совсем недавно рядовому пользователю смартфона было достаточно предлагаемой устройством автономной

связи, более того, это была единственная задача, для решения которой данное устройство было создано. Сейчас же новые смартфоны представляют собой телефон в классическом его понимании, дополненный функциональностью карманного персонального компьютера.

Таким образом, возникает проблема, называемая *проблемой идеализации технической конструкции*, суть которой состоит в невозможности создания такого изделия, которое охватывало бы весь спектр возможных задач. *Идеализация объекта* в принципе играет важную роль в разработке любого устройства, в том числе, радиоэлектронного, и представляет собой *построение некой абстракции*. Цель ее создания заключается в формировании упрощенной идеальной модели конструкции, которая будет соответствовать реальному, порой очень сложному техническому объекту, создаваемому для решения поставленной задачи. Однако при создании идеальной модели важно сформировать правильный набор требований к устройству. Так, благое желание упростить модель, может привести к исключению какого-то важного требования к создаваемой технике.

В качестве примера можно привести *аппаратуру военного назначения*, устанавливаемую на самолетах, кораблях и танках. Неотъемлемой и крайне важной характеристикой данного вида устройств может выступать скорость обработки данных, от которой зависит не только успешное решение поставленных устройству задач, но и в некоторых случаях жизнь человека, управляющего данной техникой. В связи с этим необходимо создать такое изделие, которое будет в полной мере решать поставленные перед ним задачи и делать это максимально эффективно, в том числе быстро обрабатывать входные данные. Естественно, во многом это выполняется с помощью написания *эффективного программного обеспечения*, однако, одного этого будет недостаточно и для качественной работы данной техники требуется создание *аппаратного обеспечения* с существенно усложненной технической конструкцией и соответствующей ей идеализированной моделью.

Следующая проблема возникает, когда необходимо *воплотить идеальную абстрактную модель в реальность*. Абстрактные объекты, входящие в состав теоретических схем и математизированных теорий, представляют результат идеализации и схематизации. При реализации идеальная математическая модель претерпевает множество изменений. В процессе обнаруживаются проблемы, связанные с технологическими, ресурсными и материальными ограничениями. В связи с этим данная модель требует дополнительной доработки для создания, соответствующего ей устройства в реальной жизни. Как правило, если аппаратура сложная, то даже после изготовления образца по разработанной модели требуется дополнительная настройка, проверка и проведение испытаний, прежде чем устройство попадет к своему потребителю.

Несмотря на сложность реального мира, опыт предыдущих разработок и накопленные знания позволяют создавать радиоэлектронику быстрее, качественнее и менее трудозатратно. Современным инженерам и ученым удается все точнее математически описывать факторы, противодействующие нормальному функционированию устройства. Так, рядовыми задачами, решение которых уже не представляет особых проблем, являются, например, моделирование перегревов *элементной базы* или *расчет аэродинамических характеристик антенн*.

Таким образом, с каждым годом создаваемые теоретические идеализированные модели становятся все лучше, причем, повышается соответствие между объектами нематериального и реального миров. Однако направления для развития данной области все также остаются весьма обширными.

МАЛЯКИН А.П., МИХАЙЛОВА Т.Л.

ОТ ТЕОРИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ – К ТЕХНИЧЕСКОЙ КИБЕРНЕТИКЕ: КОНТЕКСТ ИНТЕРНАЛИЗМА И ЭКСТЕРНАЛИЗМА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Цель материала – историко-научная рефлексия становления технической дисциплины в контексте двух подходов – интернализма и экстернализма. История технической кибернетики, изучающей технические системы управления, разворачивается параллельно со становлением промышленности, потребности которой инициировали развитие технических знаний. Первые успехи в этой сфере появились вместе с социальным запросом по безопасной работе паровых двигателей в конце XVIII в. *Автоматический регулятор* – устройство, реализующее управляющее воздействие в зависимости от величины отклонения. Первый центробежный регулятор в паровых двигателях – механизм поддержания скорости вращения выходного вала в необходимом диапазоне. Первые инженеры в сфере регулирования механизмов – Дж. Уатт (создатель центробежного регулятора) и И.И. Ползунов (создатель автоматического регулирования воды в котлах паровых машин). Техническое знание формировалось из знаний о свойствах пара и механики. Научно-техническая дисциплина имеет специфический характер: «собирая» теорию из нескольких областей, она формирует свою собственную.

Область технического знания об автоматическом управлении формировалась *вокруг регуляторов*. Ученые заложили основы регулирования: Дж. Максвелл «О регуляторах» (1866); А.И. Вышнеградский – «Об общей теории регуляторов»; «О регуляторах прямого действия» (1877). Эти труды перевернули представление об объекте исследования. Так, Дж. Максвелл писал: «Регулятор есть *часть машины*, посредством которой скорость машины поддерживается почти постоянной, несмотря на изменения движущего момента или момента сопротивления» [3]. С этого момента *машина и регулятор рассматривались как система*. Дж. Максвелл наметил пути, по которым пошло развитие ТАУ. Но он был физиком, а не инженером и не мог учесть специфики задач, стоящих перед техникой. Основателем теории регулирования машин, применяемых в промышленности, стал И.А. Вышнеградский. Будучи инженером-практиком, он знал характеристики паровых машин: его теория была наглядной с выводами в виде графика, поэтому ее следует рассматривать как «основу современной теории регулирования» [1].

Переход на массовый тип производства требовал энергозатрат, а паровые двигатели не выдавали требуемой мощности. На смену приходят более совершенные, обладающие коэффициентом полезного действия (КПД) компактные двигатели внутреннего сгорания, а также электрические двигатели. Одни (электродвигатели) активно применяются на производстве (двигатели станков), другие в транспорте (автомобили). Естественно, сложные изделия имеют проблемы *устойчивости*, вклад в решение которой внес математик А.М. Ляпунов, не занимавшийся прикладными задачами, но его труды оказали влияние на управление техникой. В 1892 г. он выступил с докторской диссертацией «Общая задача об устойчивости движения». Математик был отдален от практики, но фундаментальная теория устойчивости Ляпунова до сих пор применяется, позволяя рассматривать сложные технические системы, подвергающиеся возмущениям, при которых невозможно определить, устойчива система или нет.

Кибернетика, логично продолжившая изучение систем управления, обрела жизнь после выхода работы «*Кибернетика, или управление и связь в животном и машине*» Н. Винера в 1948 г. Теория автоматического управления (ТАУ) перешла в раздел *технической кибернетики*, предмет которой – управление техническими системами с обратной связью. По-

явление кибернетики связано с созданием в 40-х годах XX века электронно-вычислительных машин, что репрезентировало тенденцию информатизации всех сфер общества. Прогресс электронно-вычислительной техники – это ответ на «вызовы» времени, обращение к которым есть оживление экстерналистских сценариев [4], предполагающих сопряженное взаимодействие с «внутренними факторами» развития, изучение которых и есть обращение к историко-научной рефлексии.

Библиографический список

1. **Вавилов, С.И.** Люди русской науки: Очерки о выдающихся деятелях естествознания и техники / С.И. Вавилов. – М., Л.: Государственное издательство технико-теоретической литературы. – 1948.
2. **Касавин, И.Т.** Энциклопедия эпистемологии и философии науки / под ред. И.Т. Касавина. – М. : «Канон+» РООИ «Реабилитация», 2009 – 1248 с.
3. **Петров, Ю.П.** Очерки истории теории управления / Ю.П. Петров. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012.–212 с.
4. **Войтенко, К.И.** История вычислительной техники в контексте исследования становления кибернетики: российский сценарий / К.И. Войтенко, Т.Л. Михайлова // Международный студенческий научный вестник. 2018. № 3-6. – С.946-951.

УДК 1. 001.8. 167/168

ПИЛЬКЕВИЧ А.В.

РАДИОЭЛЕКТРОННОЕ СРЕДСТВО КАК ТЕХНИЧЕСКИЙ АРТЕФАКТ В КОНТУРЕ ТЕХНОНАУКИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В работе рассматривается вопрос нахождения форм гармоничного сосуществования человека и технического артефакта (на примере радиоэлектронных средств) в рамках социокультурного подхода. В условиях бурного развития цифровых и радиоэлектронных технологий на передний план неизбежно выходит проблема осознания человеком своего места в условиях все более взаимопроникающей ко-экзистенции мира органического и мира искусственно созданного, что актуализирует необходимость определения его социально-антропологической целостности.

Потребность в уточнении статуса и функциональной наполненности *технического артефакта*, выступающего результатом проецирования бытия человека на окружающую действительность, побуждает человека кардинальным образом переосмыслить реалии своей повседневной жизни.

Не подлежит сомнению тот факт, что радиоэлектронные средства коммуникации настолько глубоко проросли в ткань повседневного бытия человека, что последнее более не мыслится в отрыве от них; более того, происходит кардинальное переосмысление непосредственной семантики термина «технический артефакт», что связано с ускорившимся темпом эволюции и диверсификации технических артефактов, их «очеловечиванием» через наделение их функциями, которые на протяжении многих веков считались прерогативой исключительно человека (машинное зрение, экзоскелет). Искусственное и естественное взаимопроникают друг в друга, вызывая к жизни абсолютно новую форму существования материи.

Более того, радиоэлектронные средства коммуникации начинают оказывать все возрастающее влияние на психический мир человека, подавляют его волю, превращают его из властелина над технологиями, которым он выступал в самом начале технологической революции, в их жалкого раба, не мыслящего свою жизнь без них.

Усиливающее технологическое порабощение человека требует нового взгляда на смысловые принципы его существования, переосмысления его ценностных ориентиров.

Кульминацией, на мой взгляд, выступает появление полнофункционального искусственного интеллекта, что неизбежно обозначит проблему не только уточнения самих поня-

тий «искусственное» и «естественное» на фоне растворения семантических границ между ними, слияния их в нечто новое, но и вопрос гармонизации отношений в дихотомии «человек-технический артефакт». Вопрос определения того места и функций, которые будут играть технические артефакты в жизни человека будущего, в буквальном смысле означает сохранение или уничтожение человека как биологического вида.

УДК 14: 004.6 + 001. 167/168

РАЙЦЫН А.Н, МИХАЙЛОВА Т.Л.

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ: МИФОЛОГЕМА ИЛИ РЕАЛЬНОСТЬ?

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Проблемы *искусственного интеллекта* (ИИ) сегодня крайне актуальны, маркером чего является множество достижений в области кибернетики и информатики. Само понятие искусственного интеллекта было введено Джоном Маккарти в 1956 г., однако полного и точного понимания до сих пор, пожалуй, не сформировалось. В начале 50-х гг. XX в. Алан Тьюринг предложил тест для определения «думающей» машины. Для критики данного теста Дж. Серлем была введена модель «китайской комнаты» (внешняя разумность собеседника не есть достаточное доказательство разумности). Модель «китайской комнаты» критиковалась Ю.Ю. Петруниным, отмечавшим, что Серль не приводит серьезных обоснований возможности существования полного набора инструкций «разумного» поведения. Так же Петрунин определил две основные проблемы, не дающие возможности составить четкое определение понятия *искусственный интеллект* [4]. Так, понятие интеллекта лежит в основе рационализма, но само понимание разума лежит за пределами рациональности. В этом заключается парадоксальность понятия ИИ. Понятие ИИ не может быть четко сформулировано или ясно описано, но при этом оно «покоится» в сознание любого человека на интуитивном уровне. Действительно, идея создания искусственного человекоподобного существа зародилась еще в далеком прошлом, задолго до появления самого понятия *искусственный интеллект*. Поэтому ИИ нужно рассматривать как мифологему, подобную идее философского камня или вечного двигателя, изучение которой будет приводить к побочным положительным результатам.

Сама возможность создания ИИ предполагает *полную рационализацию данной мифологемы*. Весь этот процесс должен быть основан на четырех ключевых идеях: а) возможность окончательного познания мира; б) элементаризм знаний; в) объективность всех знаний; г) избавление от субъекта в процессе познания. С точки зрения математического доказательства возможности создания ИИ, среди ученых есть две противоположные точки зрения. Одни считают, что так как Мак-Каллок и Питтс смогли создать *модель искусственной нейронной сети*, то все сознание человека можно с помощью нее описать. Вторые же считают, что невозможно описать сознание человека с помощью конечного числа слов, ибо это противоречит теореме Геделя (Всякая формальная теория, если не противоречива, то неполна). Действительно, на первый взгляд, кажется, что существует ряд признаков человеческого мышления, которые невозможно описать формально: субъективный взгляд на объективный мир, интуицию, целеполагание, предчувствие, абстрагирование и творчество [2]. Кроме того, человек способен создавать новое лишь на основе того, что уже существует, и он не способен создавать живую материю из неживой [1]. Однако, если существуют неопишуемые признаки человеческого мышления, то необходимо признать, что человеческий мозг обладает свойствами, которые мы не способны осознать. Это будет означать, что законы математики не универсальны, что разрушит всю современную картину мира. Такой подход деструктивен, ибо тем самым мы обесцениваем и даже разрушаем науку. Почему же мы так и не достигли

значительных успехов в создании ИИ? Дэвид Дойч говорит, что отсутствие серьезного прогресса в создании ИИ связано с тем, что многие ученые погрязли во множестве заблуждений. Поэтому над данной проблемой должны работать не только ученые в области кибернетики, но и философы [3].

Таким образом, несмотря на то, что существует ряд важных проблем, не дающих однозначно сформулировать понятие *искусственного интеллекта*, в сознание человека уже есть необходимый набор знаний и представлений, чтобы пытаться воплотить ИИ в жизнь. По нашему мнению, несмотря на то, что невозможно дать точный ответ, обернутся ли когда-либо эти попытки успехом, их следует продолжать, так как не существует однозначных доказательств того, что цель недостижима. Даже если мыслящая машина навсегда останется лишь плодом нашего воображения, попытки ее создания дадут важный толчок для развития кибернетики и смежных наук, тем самым уже изменив наш мир и нас самих.

Библиографический список

1. **Бовыкин, В.И.** Философия искусственного интеллекта: Проблемы терминологии и методологии // Философия и культура. 2012. №8. – С. 96-105.
2. **Орешников, И.М.** Философские размышления о проблеме искусственного интеллекта /И.М. Орешников, Т.И. Шикерина // Философия образования. 2017. – С. 5-10.
3. **David, Deutsch.** Philosophy will be the key that unlocks artificial intelligence // The Guardian [Электронный-ресурс], 2012. – URL : <https://www.the-guardian.com/science/2012/oct/03/philosophy-artificial-intelligence>
4. **Петрунин, Ю.Ю.** Искусственный интеллект как феномен современной культуры // Вестник Московского университета. Серия 7 : Философия. 1994. №2. – С. 28-34.

УДК 13/14: 167. 001

САЗАНОВ А. В.

ИНТЕНЦИОНАЛЬНОСТЬ СОЗНАНИЯ – ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОСНОВАНИЕ КОНСТРУИРОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Исследования сознания – это развивающаяся область не только онтологии сознания, но и когнитологии, лингвистики, теорий в области разработок искусственного интеллекта. Интенсивное развитие аналитического направления философии сознания актуализирует проблему интенциональности. В 1968 г. Д. Армстронг подчеркивал, что любая теория сознания должна либо объяснить феномен интенциональности, либо элиминировать его. Интенциональность – это свойство системы (сознания) быть направленной на некоторый объект [2]; ее философско-теоретический смысл впервые выделил Ф. Brentano (1874), учитель Э. Гуссерля. Он подошел к сознанию с другой, нежели Р. Декарт, стороны, выделив дополнительный ракурс, суть которого в следующем: всем ментальным феноменам свойственна интенциональность, у физических вещей она отсутствует [4].

Феномен интенциональности широко обсуждается. В основном это аналитические труды зарубежных авторов: Д. Серл, Д. Деннет, Т. Нагель [1]. Среди отечественных исследователей интересна монография Н.С. Юлиной, посвященная философии Д. Деннета [4]. В проблематике искусственного интеллекта в аналитической философии сознания есть два основных аспекта: *психологический* и *феноменальный*. С одной стороны, это возможность достижения ситуации возникновения психологического сознания на основе воспроизведения работы головного мозга человека. С другой, изучение возможности переживания феноменальных ментальных состояний в рамках нейрокомпьютерной модели сознания [1].

Изучение возможностей формализации работы нейронов головного мозга дает основание для предположения возможности возникновения ментальных состояний в такой си-

стеме и наделения нейрокомпьютерной модели всеми характеристиками, обычно свойственными сознанию: способность к обучению, эмоциональность, наличие творческих способностей. Между тем, это вызывает вопросы относительно того, каким статусом будут обладать эти ментальные состояния. В частности, будет ли такое сознание, наряду с качественностью и возможностью переживания феноменального опыта, обладать интенциональностью. Все доступные человеку феномены можно условно разделить на два класса: а) те, к которым мы имеем доступ, т.е. от перспективы «первого лица» (психологический аспект) и б) те, к которым мы имеем доступ с позиций «третьего лица» (феноменальный аспект). Вопрос создания искусственного интеллекта, наделенного феноменальной компонентой сознания, – актуализирует проблему возможности *формализации работы мозга* (возникновение феноменального сознания на основе искусственной нейронной системы) и проблему принципиального наличия сознания, разума, интенциональности – применительно к искусственной системе. В аналитической философии распространена точка зрения, согласно которой сознание с его свойствами вообще не может возникнуть в какой бы то ни было формализованной системе (Д. Серл «Китайская комната»). Это объясняется тем, что формальные действия сами по себе не обладают интенциональностью. Интенциональность компьютера существует лишь в сознании тех, кто его программирует и использует [2].

Пока бесспорно одно. Территория дискуссии о сильном искусственном интеллекте, возможностях его конструирования, функционирования и прогнозирования – это территория междисциплинарных проблем, где философия сознания выполняет критическую функцию, будучи своеобразной измерительной линейкой. Возможно, в недалеком будущем эта линейка позволит преодолеть предел между сильной версией искусственного интеллекта и человеческим сознанием. И этим преодолением обозначит *новый предел*, новый горизонт, без которого теряет смысл наука как самое интригующее приключение человеческого разума [3].

Библиографический список

1. Гау, А.С. «Простая» и «трудная» проблемы искусственного интеллекта в аналитической философии сознания // Знание. Понимание. Умение. 2016. № 4. С. 309-314.
2. Мартынов, К.В. Интенциональность как единое проблемное поле аналитической философии сознания и феноменологии: автореферат дис. ... канд. философ. Наук : 09.00.01 / К.В. Мартынов. – М., МГУ им. М.В. Ломоносова, 2007. – 27 с.
3. Стойков, В.П. Философия сознания: преодоление предела на пути реализации программы сильного искусственного интеллекта / В.П. Стойков, Т.Л. Михайлова // Международный студенческий научный вестник. – 2018. – № 3-6. – С. 989-992. URL : <http://eduherald.ru/ru/article/view?id=18601>
4. Юлина, Н.С. Головоломки проблемы сознания: концепция Дэниела Деннета / Н.С. Юлина. – М.: Канон+, 2004. – 544 с.

УДК 13/14: 004.81+ 001.167

САННИКОВ А.Н., МИХАЙЛОВА Т.Л.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Нижегородский государственный технический университет имени Р. Е. Алексеева

Активное развитие информационных технологий в области искусственного интеллекта актуализирует проблему взаимоотношения сознания человека и робота. Роботизированные комплексы проникают во все сферы общества, заменяют человека на работе в труднодоступных местах или в деятельности, где вероятность ошибки должна быть сведена к минимуму. Кажется, данное явление уже является обыденным и привычным. Однако в последнее время большую популярность стали приобретать роботы, разработанные на основе *сильного искусственного интеллекта*.

Понятие *сильный искусственный интеллект* ввел американский философ Дж. Серл после описания знаменитого мысленного эксперимента «Китайская комната». По мнению Серла, *сильный искусственный интеллект* должен обладать такими качествами, как *принятие решений*, использование стратегий, действие в условиях неопределенности и другие [1]. Позже список был дополнен человеческими аспектами: сознание, самосознание, сопереживание и мудрость. По итогам эксперимента, Серл высказал предположение, что «появление самосознания у машин невозможно, поскольку для этого необходимо наличие физико-химических процессов, схожих с теми, что протекают в человеческом мозге» [2]. Данное высказывание характеризует *пессимистическую* позицию философа к появлению машин, обладающих точно такими же характеристиками, как и у человека.

Однако в 2015 г. был активизирован робот София, представляющий собой человеческий образ женщины. София была спроектирована так, чтобы учиться адаптироваться к поведению людей. Каждый год робот совершенствуется новыми модификациями. К настоящему времени София может изображать *уже более 50 эмоций* и даже получила официальное гражданство Саудовской Аравии, став первым роботом – гражданином страны. Все эти факты подтверждают свойства сильного искусственного интеллекта, включая *человеческие*, например, те же эмоции. Но может ли когда-нибудь робот осуществлять мыслительный процесс, приобрести сознание и самое главное – *осознавать*, хотя бы на самом примитивном уровне, смысл произнесенных фраз?

Сознание – сложное системное образование, *совокупность весьма разнородных идеальных процессов* – мыслительных, чувственных (ощущения, восприятия, представления), эмоциональных, а также процессов воображения и интуиции [3]. Робот – лишь машина, выполняющая определенный заложенный алгоритм, (тот самый алгоритм как у любого участника «Китайской комнаты», соотносящий китайские иероглифы друг с другом, согласно четкой инструкции), способный к обучению, но не самостоятельному, а совместному с человеком. Создатель выступает как учитель для машины, вкладывая в нее свои, уже известные знания. И даже мимика заложена в машину как алгоритм, описывающий ситуацию и соответствующее ей выражение лица. Сознание представляет собой внутренний мир чувств, мыслей, идей, различных других духовных феноменов, которыми *искусственный интеллект* (ИИ) до настоящего времени не наделен.

Возможно, пройдут годы, станет возможным эмулирование всех связей человеческого мозга, и, быть может, тогда робот приобретет человеческие качества. Как бы не относились многие к развитию искусственного интеллекта, стоит принять тот факт, что ИИ уже существует, а отказ от него означает шаг назад в своем развитии. Тем не менее, все мы должны помнить, что ИИ – наша разработка. Мы проектируем, создаем, обучаем, вкладываем «мысли». Значит, и ответственность за их поведение ложится на нас.

Библиографический список

1. Серл, Дж. Сознание, мозг и программы// Аналитическая философия: становление и развитие. – М., 1998.
2. Серл, Дж. Открывая сознание заново: [пер. с англ. А.Ф. Грязнова] / Дж. Серл. – М.: Идея-Прогресс, 2002. –256 с.
3. Грицанов, А. А. Новейший философский словарь: 3-е изд. исп. / А.А. Грицанов. – М.: Книжный дом, 2003. – 1280 с.
4. Стойков, В.П. Философия сознания: преодоление предела на пути реализации программы сильного искусственного / В.П. Стойков, Т.Л. Михайлова // Международный студенческий научный вестник. – 2018. – № 3-6. – С. 989 – 992.

**ЧТО ТАКОЕ «ЧЕТВЕРТАЯ ПРОМЫШЛЕННАЯ РЕВОЛЮЦИЯ»,
ИЛИ О ВЕЧНЫХ СТРАХАХ ПЕРЕД НЕИЗВЕСТНОСТЬЮ**

Нижегородский государственный технический университет имени Р. Е. Алексеева

Механизмы и двигатели изменили традиционный труд, а автоматизация производства и искусственный интеллект изменит его в очередной раз. Исполнительный директор Всемирного экономического форума *Клаус Шваб* называет нашу эпоху «*четвертой промышленной революцией*». На текущий момент настроения в отношении этой грядущей революции скорее панические: *мы лишимся работы, а роботы возьмут над нами контроль*.

Страх перед машиной овладел человеком в эпоху романтизма в связи с начатой интенсивной механизацией общества, за которой не поспевало мышление. Это было время, когда заводная кукла почиталась вершинным достижением техники, и это имело смысл: техника – в идеале, в потенции – стремилась заменить человека воскресшей вещью [1]. Это нашло отражение и в самом определении робота, появившемся в середине XX в. «Робот – автомат в виде человека-куклы, управляемой телемеханически».

В наше время отношение к способной мыслить машине, роботу во многом напоминает полные мистики ощущения людей эпохи романтизма.

Однако, что есть мышление? Способна ли машина мыслить наравне с человеком? В данном вопросе особое внимание необходимо уделить *феномену мышления*.

Любая вычислительная машина, каким бы поразительным ни было ее «умение» обучаться, – работает на основе заранее составленной для нее программы и поступающих внешних данных. Способность ставить задачу и самопрограммироваться на ее решение – это как раз и есть главное, что характеризует феномен мышления.

Какой бы совершенной ни была система искусственного интеллекта, она не сможет «выжить» без своего создателя. *Узкое понимание слова «мыслить»* ставит такие вопросы, как: искусственный интеллект – это утопия или антиутопия? На самом же деле, это наша реальность. Вероятность того, что машины «взбунтуются» и возьмут верх над человечеством – не более чем иллюзорные. А вероятность того, что это станет утопией – не совмещается с современным развитием науки и производства. Да, что-то в последствиях внедрения искусственного интеллекта и кажется утопическим, но сам факт того, что эта эпоха наступит – это то, с чем мы живем каждый день. Машина не станет врагом человека, она, наоборот, станет его другом, поможет раскрыть потенциал, возможно, будет способна преодолеть различного вида дискриминации и социальные проблемы.

Искусственный интеллект оказывает и впредь будет оказывать огромное влияние на экономику и другие сферы жизни, но кто утверждает, что эти изменения обязательно ведут к худшему?

Таким образом, автоматизация труда и внедрение в нашу деятельность искусственного интеллекта может привести к четырем последствиям, а именно: а) исчезнут некоторые виды деятельности; б) фриланс станет основной формой найма; в) нашей задачей станет овладение новыми навыками; г) нам будут платить, возможно, безусловный базовый доход.

Так что стоит ли опасаться неизвестности наступающей «четвертой промышленной революции». Страхи – это тоже наше изобретение.

-
1. **Михайлова, Т.Л.** Мир как текст : безмолвие вещи VS забвение мира // Антропологическая аналитика: сб. науч. тр. ; Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева. – Н. Новгород, 2015. – С. 86-94.

УДК 66.081.6-278

ЗАРУБИН Д.М., АТЛАСКИН А.А., ПЕТУХОВ А.Н., КРЮЧКОВ С.С., СМОРОДИН К.А.,
ВОРОТЫНЦЕВ И.В.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ВЫДЕЛЕНИЯ АММИАКА ПОСЛЕ ПРОЦЕССА ГАБЕРА-БОША МЕТОДОМ МЕМБРАННО-АБСОРБЦИОННОГО ГАЗОРАЗДЕЛЕНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Аммиак является одним из наиболее важных и широко производимых неорганических веществ, который используется в сельском хозяйстве, в качестве охлаждающего агента в крупномасштабных процессах кондиционирования и т.д. Основная технология производства аммиака – процесс Габера-Боша, осталась неизменной в своих принципах с момента создания. Большими преимуществами процесса Габера-Боша являются простая и стабильная реакция, стабильный продукт и отсутствие побочных реакций. Однако следует отметить, что стадия выделения аммиака требует высоких энергозатрат, а традиционные методы, к примеру криогенные очистители, не обеспечивают достаточного разделения и требуют значительного количества охлаждающего агента. Поэтому, разработка новых физико-химических методов, которые будут направлены на повышение эффективности технологии очистки, представляет большой интерес.

Выгодно выделяются процессы мембранного газоразделения среди других энергоемких кандидатов (дистилляция, кристаллизация, криофильтрация и др.). Разделение аммиачной газовой смеси происходит в жестких условиях, поэтому для конкурентоспособности и подходящей цели мембрана должна характеризоваться не только высокой селективностью по NH_3/N_2 и NH_3/H_2 , но и устойчивостью к пластифицирующему эффекту, всегда сопровождающему систему.

Многообещающим подходом является метод мембранно-абсорбционного газоразделения. Это гибридная технология, которая объединяет в себе методы мембранного газоразделения и сорбции, где абсорбирующий раствор в основном влияет на селективность процесса, в то время как мембрана применяется как разделитель фаз и механическая опора для предотвращения утечки сорбента в пермеат.

Эффективность извлечения аммиака изучалась на специально разработанной испытательной платформе с использованием PVTMS-мембраны в сочетании с четырьмя перспективными эвтектическими растворителями [bmim][MeSO₃]/Мочевина (1:1), NH₄SCN/Глицерин (2:3), NH₄SCN/Этиленгликоль (1:3) и NH₄SCN/Мочевина (2:3).

В ходе настоящего исследования абсорбция газа с помощью мембран была экспериментально оценена как метод для извлечения аммиака, включая всесторонний скрининг потенциальных абсорбентов аммиака и полимерных газоразделительных мембран, эксплуатационные испытания на примере разделения тройной газовой смеси $\text{H}_2/\text{N}_2/\text{NH}_3$, определение наиболее эффективного абсорбента и изучение динамики установления стационарного состояния.

Эффективность разделения оценивалась по содержанию целевого компонента – аммиака. Было экспериментально показано, что предельно достижимая концентрация NH_3 в пер-

меате составляет 98,96 об.% с использованием глубокого эвтектического растворителя $\text{NH}_4\text{SCN}:\text{G}$ в качестве абсорбента при рециркулирующем потоке равном $25 \text{ см}^3/\text{мин}$. Тем не менее, при использовании этого сорбента эффективность разделения быстро снижалась с увеличением скорости рециркулирующего потока. В отношении этого явления наиболее многообещающими абсорбентами являются $\text{NH}_4\text{SCN}:\text{U}$ и $\text{NH}_4\text{SCN}:\text{EG}$, поскольку они способны обеспечивать эффективное разделение даже при высоких скоростях рециркуляции. В случае расхода $200 \text{ см}^3/\text{мин}$ при использовании $\text{NH}_4\text{SCN}:\text{U}$ и $\text{NH}_4\text{SCN}:\text{EG}$ можно достичь 98,42 и 98,7 об.% NH_3 в потоке пермеата соответственно.

УДК 543.421/.424

КАПУСТИН Р.В.

ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ ХЛОРИДОВ МЕТАНА И ЭТАНА В ТОНКИХ СЛОЯХ НА ТВЕРДОФАЗНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Трансформация молекулярной структуры и фазовые превращения в тонких слоях вблизи твердой поверхности играют важную роль в механизмах катализа, полимеризации, нанесения покрытий, синтеза новых материалов и производства углеводородных топлив на основе природных и альтернативных источников сырья. Особенности этих превращений чаще всего изучаются методами ИК-спектроскопии: в спектрах отражения, диффузных спектрах, а также в спектрах пленок при обычных и низких температурах. Однако ИК-спектры газовой, жидкой и твердой фаз измеряются при различных спектральных параметрах, что затрудняет сравнительный анализ этих данных. Поэтому нами был разработан метод сканирования Фурье-ИК спектров в тонком слое на твердофазной поверхности в близких для измерения условиях.

В качестве объектов исследования были выбраны хлориды метана и этана, ИК поглощение которых находится в характерных спектральных областях и имеет достаточную интенсивность для измерения фазовых превращений.

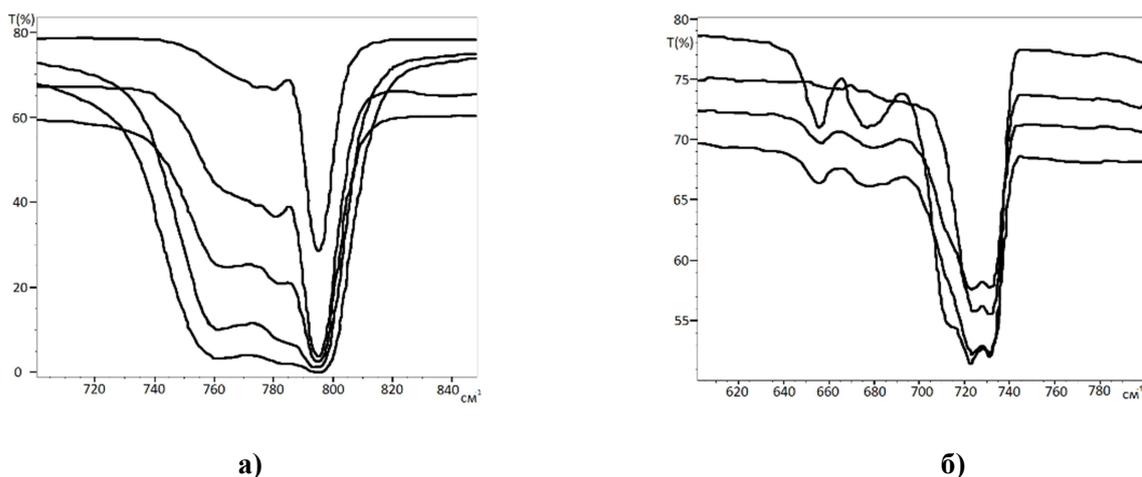


Рис. 1. ИК-спектры CCl_4 (а) и $\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_2$ (б) при фазовых превращениях вблизи оптического окна из селенида цинка ($T=296 \text{ K}$)

Как видно из рис. 1, для молекул четыреххлористого углерода и дихлорэтана наблюдается изменение спектра при переходе системы из жидкого состояния в газообразное и наоборот. Относительная интенсивность полосы валентного колебания $\text{C}-\text{Cl}$ связи при 795 см^{-1} , проявляющаяся в газообразном CCl_4 , практически не меняется, в то время как относительная интенсивность полос при 763 и 781 см^{-1} , проявляющихся в жидкой фазе, увеличи-

вается. Это может быть интерпретировано как структурная трансформация молекулы при фазовом переходе вблизи твердофазной поверхности. Подобное превращение наблюдается и для дихлорэтана. Относительная интенсивность полос валентных колебаний С-Сl при 731 и 723 см⁻¹, соответствующих газообразному состоянию, меняется незначительно, а относительная интенсивность полосы при 711 см⁻¹, проявляющаяся в жидком дихлорэтано, увеличивается. Полосы валентных колебаний С-Сl конформеров дихлорэтана при 675 и 655 см⁻¹ исчезают в газообразном С₂Н₂Сl₂. Таким образом, при фазовом переходе происходит снижение барьеров вращения в оптических изомерах за счет изменения межмолекулярных взаимодействий в системе.

С другой стороны, подобные изменения в ИК-спектрах свидетельствуют о трансформации молекулярной структуры в кластерах, образующихся в конденсированной фазе. Это может быть связано с возникновением межмолекулярной связи С...Сl и С...Н в полимолекулярных цепочках хлоридов метана и этана.

УДК 546.05

МАРКОВ А.Н., ВОРОТЫНЦЕВ А.В., КАПИНОС А.А., АНДРОНОВА А.А.,
МАРКОВА Е.А., ГРАЧЕВ П.П.

СИНТЕЗ ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННЫХ НАПОРИСТЫХ СТРУКТУР SiO₂ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ МЕТОДОМ ИЗ ТХС И ТЭОС С ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ИММОБИЛИЗАЦИЕЙ ИМИДАЗОЛЕВЫХ ИОННЫХ ЖИДКОСТЕЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

На сегодняшний день нанопористые структуры, в частности диоксид кремния, являются достаточно востребованными материалами, применяемыми в различных областях промышленности, за счет уникальных характеристик, таких как высокая химическая и термическая стабильность, а также адсорбционная способность. Важное применение диоксид кремния нашел как пористый носитель в катализе для создания гетерогенных катализаторов.

Ионные жидкости на носителе являются перспективными катализаторами. Путем модификации органического катиона, поверхность катализатора может быть отрегулирована в широких пределах. Это дает доступ к универсальности ионных жидкостей в гетерогенной системе.

В работе рассмотрено применение ТХС как конкурента ТЭОС в синтезе функционализированных наноструктур с их последующей модификации для иммобилизации с последующим введением активного компонента. Результаты экспериментов показали, что использование ТХС позволяет получить структуру с большей удельной поверхностью, а также с большей концентрацией силанольных групп. В работе изучалось влияние различных обработок с целью увеличения удельной поверхности и было показано, что существенное влияние на структурные характеристики оказывает гидротермальная обработка. Так же успешно были синтезированы ионные жидкости на основе имидазола, 1-метилимидазола, 2-метилимидазола и 4-метилимидазола, которые впоследствии были иммобилизованы через катион на пористый носитель.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ (грант № 17-73-20275).

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ ГАЗОГИДРАТНОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ И МЕМБРАННОГО ГАЗОРАЗДЕЛЕНИЯ ПРИ ВЫДЕЛЕНИИ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА ИЗ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Абсорбционные технологии при выделении диоксида углерода (CO_2) из дымовых газов хорошо известны и используются в промышленности. Это связано с тем, что они обеспечивают максимальное извлечение CO_2 (до 79.0%) и его высокую чистоту (до 99.1%). Однако данная технология требует высоких энергозатрат в процессе разделения и очистки, восстановления растворителя, а также данная технология обладает относительно высоким энергопотреблением 4÷6 ГДж/т, а стоимость захваченного CO_2 составляет 30÷60 долл/т. Для повышения энергоэффективности используется мембранное газоразделение (0.5÷1 МДж/т), однако стоимость захваченного CO_2 составляет 50÷78 долл/т. Также мембранное газоразделение чувствительно к механическим примесям в газовом потоке, а сам материал мембраны подвержен старению и деградации. Кроме того, многостадийная технология требует сжатия газовой смеси перед каждой последующей стадией, что приводит к высокой стоимости производства. В связи с этим, для достижения высокой степени извлечения CO_2 из дымовых газов при низких затратах энергии необходимо создание новых, совмещенных технологий газоразделения.

Мы предложили совмещенный метод мембранного газоразделения и газогидратной кристаллизации, который позволит эффективно выделить CO_2 из дымовых газов. На первом этапе предложено использовать мембранное газоразделение из-за высокой эффективности концентрирования газовой смеси и низких энергозатрат. В то же время, данный метод может быть энергоемким при разделении разбавленных газовых смесей. На второй стадии предложено использовать газогидратную кристаллизацию, из-за высокой степени извлечения CO_2 (в связи с низким давлением диссоциации газового гидрата CO_2) и низких энергозатрат по сравнению с аминовой очисткой, где извлечение CO_2 составляет до 99.8%.

Экспериментальное исследование было проведено на газовой смеси CO_2 (13 об.%) / N_2 (87 об.%). Было установлено, что на первой стадии при концентрации CO_2 до 34 об.%, мембранное газоразделение на 12 об.% более энергоэффективно по сравнению с газогидратным разделением при использовании термодинамического промотора – тетрагидрофуран (1 мол.%) при $P=25$ бар и $T=280$ К. При концентрации CO_2 до 82 об.% при $P=40$ бар и $T=274$ К, мембранное газоразделение имеет слабое преимущество по энергозатратам в 2% по сравнению с газогидратной кристаллизацией. При концентрации CO_2 до 99.8 об.%, газогидратное разделение является на 21 об.% энергетически более выгодным по сравнению с мембранным газоразделением из-за ограничений мембранного газоразделения в высокой производительности и высокой степени концентрирования в диапазоне 95.0÷99.9 об.%. Следует также отметить, что извлечение CO_2 при мембранном газоразделении и применении каскадов достигает максимума в 85.0%, а при газогидратной кристаллизации 99.0% при одинаковой доле отбора, температуре и давлении.

Дальнейшее экспериментальное исследование совмещения методов газогидратной кристаллизации и мембранного газоразделения при выделении CO_2 из дымовых газов позволит создать энергоэффективный и экологически безопасный промышленный образец, что приведет к снижению эксплуатационных и капитальных затрат при желаемой степени чистоты CO_2 , равной 99.8 об.%.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 20-38-70035).

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ГИДРАТООБРАЗОВАНИЯ
ГАЗОВОЙ СМЕСИ $\text{CH}_4 / \text{CO}_2 / \text{Xe}$

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Предложен энергоэффективный метод газогидратной кристаллизации для извлечения ксенона (Xe) из природного газа. Для повышения энергоэффективности определен временной промежуток, соответствующий максимальной скорости гидратообразования. Экспериментальное исследование направленной газогидратной кристаллизации было проведено на модельной газовой смеси, приближенной к составу природного газа: CH_4 (94.85 об.%) / CO_2 (5.00 об.%) / Xe (0.15 об.%) при добавлении кинетического промотора гидратообразования – лаурилсульфат натрия (Na-ЛС) (0.30 мас.%) в течение 7 ч при $T=272.15$ К (рис. 1).

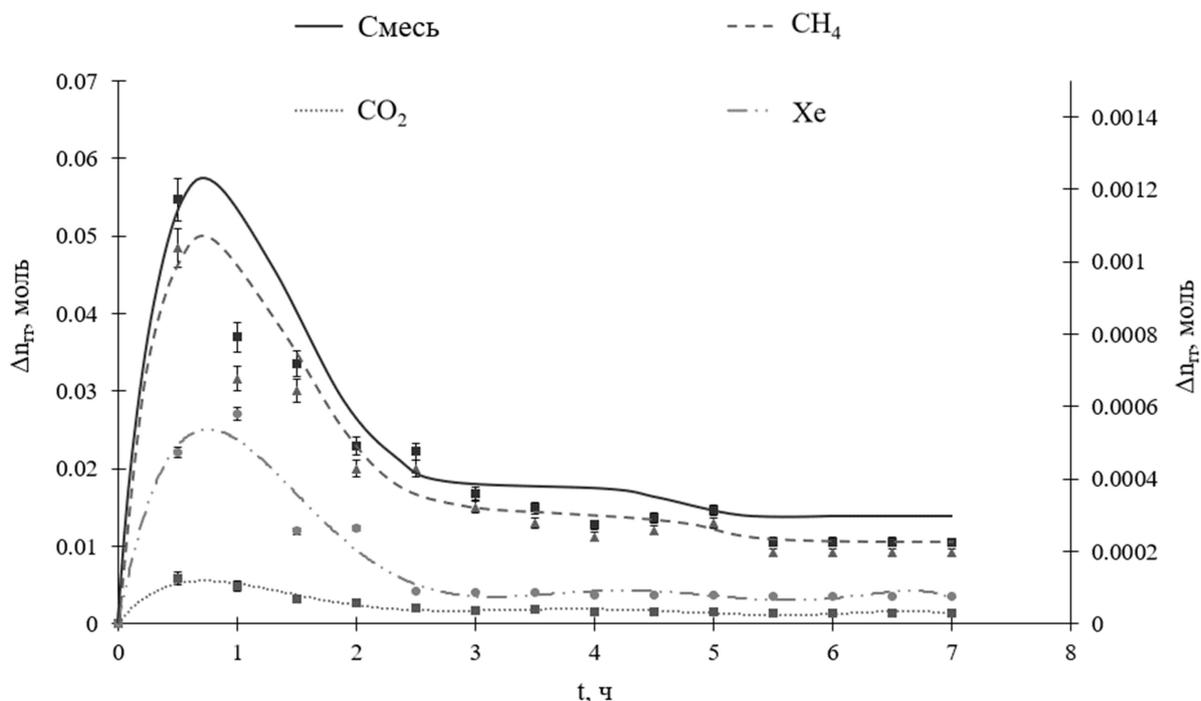


Рис. 1. Скорость гидратообразования газовой смеси CH_4 (94.85 об.%) / CO_2 (5.00 об.%) / Xe (0.15 об.%) при направленной кристаллизации при добавлении Na-ЛС (0.30 мас.%) в течение 7 ч при $T=272.15$ К
Левая ось: Смесь, CH_4 , CO_2 ; Правая ось: Xe

Из рис. 1 следует, что после начала процесса гидратообразования, наблюдаются пики, которые разделяют две зоны гидратообразования: кинетическая (левая), связанная с быстрым ростом газовых гидратов; диффузионная (правая), связанная с уменьшением диффузии газа в газогидратную фазу.

Получено, что через 4 ч после начала гидратообразования, скорость гидратообразования изменяется незначительно. Таким образом, с целью повышения энергоэффективности, процесс газоразделения предложено проводить в течение 4 ч после начала гидратообразования.

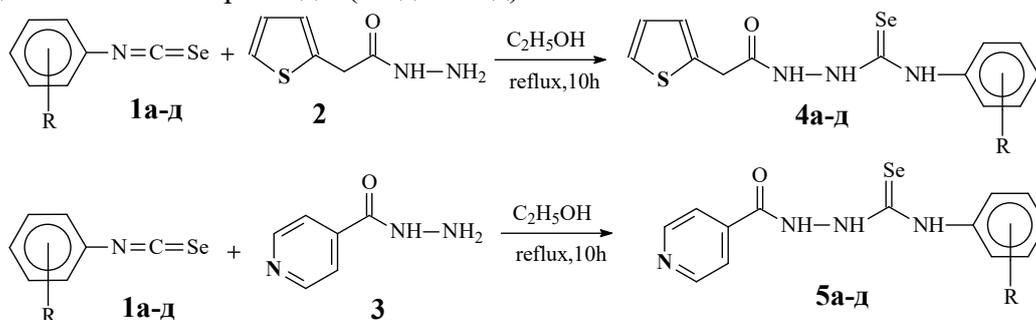
Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ (грант № 17-79-20286).

СИНТЕЗ И БИОЦИДНАЯ АКТИВНОСТЬ АЦИЛСЕЛЕНОСЕМИКАРБАЗИДОВ
И 2,4-ДИГИДРО-3Н-1,2,4-ТРИАЗОЛ-3-СЕЛОНОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева¹,
Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского²

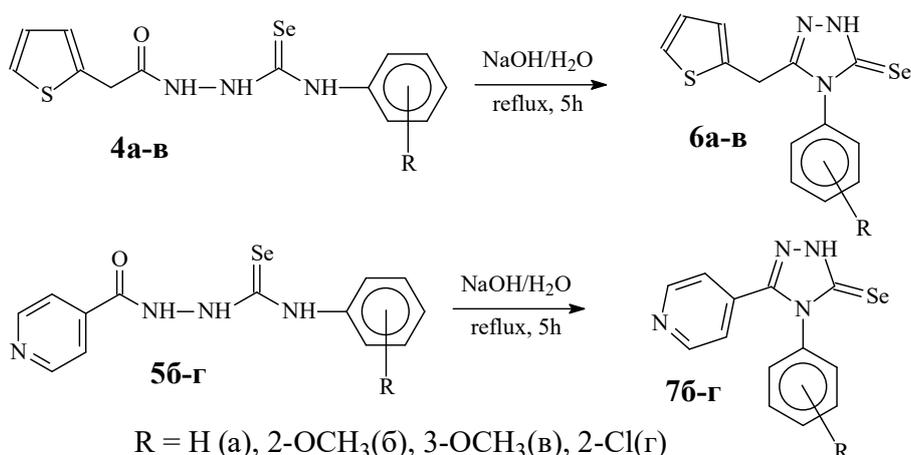
Селеносодержащие органические соединения вызывают значительный интерес химиков и фармацевтов благодаря наличию у них широкого спектра биологической активности, включающего противоопухолевые, кардиопротекторные, антибактериальные, фунгицидные и противовирусные эффекты. Авторами данной работы были синтезированы новые, ранее неизвестные ацилселеносемикарбазиды и 2,4-дигидро-3Н-1,2,4-триазол-3-селоны.

На первом этапе реакцией арилиселеноцианатов (**1а-д**) с гидразидами тиофенуксусной кислоты (**2**) и изоникотиновой кислоты (**3**) в этаноле были синтезированы соответствующие ацилселеносемикарбазиды (**4а-д** и **5а-д**).



R = H (а), 2-OCH₃(б), 3-OCH₃(в), 2-Cl(г), 2-Cl-5-CF₃(д)

Далее полученные соединения (**4а-в** и **5б-г**) кипячением в 10%-ном водном растворе щелочи были превращены в соответствующие 2,4-дигидро-3Н-1,2,4-триазол-3-селоны (**6а-в** и **7б-г**).



R = H (а), 2-OCH₃(б), 3-OCH₃(в), 2-Cl(г)

Авторами публикации была изучена бактерицидная и фунгицидная активность полученных соединений. Установлено, что соединения **4а-г**, **5г** обладают сильной фунгицидностью, а соединения **6а,в** и **7б** – бактерицидностью против грамположительных и грамотрицательных бактерий. Синтезированные нами аналоги этих соединений, у которых селен заменен на серу, не проявляют бактерицидных и фунгицидных свойств.

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

УДК 621.378.3

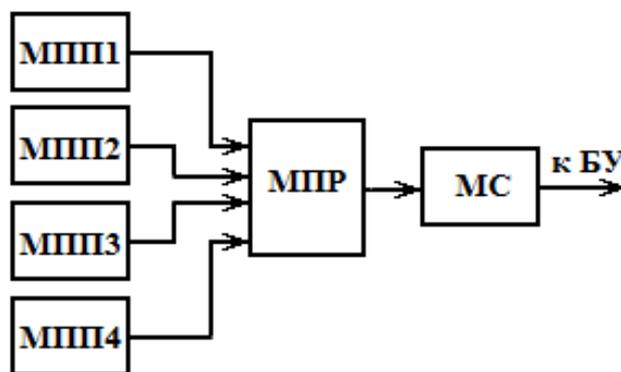
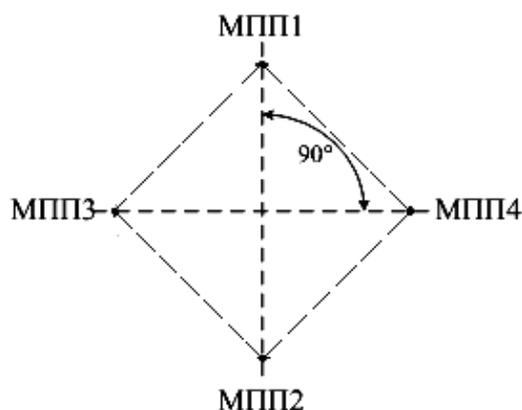
БАРКАЛОВ А.А., МИРКИН Б.А.

ЛАЗЕРНЫЙ ДАТЧИК ПОВЕРХНОСТИ

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

Для определения момента приближения малогабаритного летательного аппарата на заданное расстояние к месту назначения предназначен оптический (лазерный) датчик поверхности, использующий в качестве источника излучения полупроводниковый лазер.

В состав датчика входят четыре приемо-передающих модуля МПП1...МПП4, расположенных в вершинах квадрата (рис. 1) с диагональю 120 мм таким образом, чтобы сформировать заданную диаграмму чувствительности, не имеющую «слепых» зон.



Выходные сигналы модулей МПП поступают на вход модуля принятия решения МПР, который при достижении летательным аппаратом расстояния порядка 600 мм от поверхности места назначения формирует команду «Встреча», поступающую через модуль согласования МС в блок управления БУ летательным аппаратом (рис. 2).

При выборе источников и приемников оптического излучения следует учитывать величину коэффициента диффузного отражения поверхности (от 30 до 50%), угол траектории движения летательного аппарата относительно нормали к поверхности (от 0° до 60°), возможность работы в диапазоне температур от минус 50 до 50 °С при наличии таких поглощающих и рассеивающих свет факторов, как пыль, туман, дождь и снег.

Наименьшее рассеивание в указанных условиях испытывает инфракрасное излучение в диапазоне от 700 до 1000 нм [1]. Поэтому в состав датчика в качестве источника излучения включен инжекционный полупроводниковый лазер ЛПИ-120, который в импульсном режиме на длине волны от 850 до 900 нм обеспечивает выходную мощность до 15 Вт с частотой следования импульсов до 3 кГц.

В связи с тем, что скорость приближения летательного аппарата с поверхностью мо-

жет изменяться в достаточно широких пределах, длительность интервала времени от момента формирования команды «Встреча» до подхода к поверхности имеет порядок нескольких десятков миллисекунд. Поэтому указанное время рассчитывается заранее, при подготовке летательного аппарата к выполнению конкретной задачи, исходя из ее особенностей.

1. Гончаров, И.Н. Лазеры в авиации / И.Н. Гончаров, В.Н. Дежин, В.П. Кутахов. – М.: Воениздат, 1982.

УДК 621.31

БУДНИКОВ В.А.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАБОЧЕГО МЕСТА КОНТРОЛЯ ЗЕРКАЛ С ЛАЗЕРНОЙ ПОДСВЕТКОЙ

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

Важное направление развития приборостроения – разработка и изготовление лазерных гироскопов (ЛГ) для инерциальных систем навигации. Основным элементом (датчиком) в данном типе устройств является кольцевой газоразрядный гелий-неоновый (He-Ne) лазер.

Специфика задач и область применения данного типа приборов ставит перед учеными-разработчиками и изготовителями сложную задачу по повышению точности He-Ne-лазерных датчиков. Рабочие характеристики, такие как точность приборов, во многом зависят от качества исполнения ситалловых подложек с напыленным на них диэлектрическим покрытием. Качество исполнения зеркальных покрытий зависит от качественно изготовленной подложки с минимальным уровнем шероховатости и оптимально подобранными режимами напыления зеркал.

Основной задачей данной работы является отработка и повышение качества напыления подложек зеркал. Для этого необходимо иметь современную измерительную базу специализированного оборудования. Таким образом, актуальной представляется задача разработки и внедрения в производство автоматизированного рабочего места для проверки качества зеркал, которое позволит наиболее эффективно исследовать поверхность покрытия и определить положение зеркал с минимальным рассеянием для установки в резонатор ЛГ. Одним из способов эффективно оценить качество зеркала является определение параметра рассеивания яркости изображения.

Основным функциональным алгоритмом в разрабатываемом ПО является определение величины интегрального рассеивания зеркала на основе переданного изображения с камеры.

Для оценки качества оптического зеркала первоначально необходимо определить относительную площадь дефектов:

$$S = \frac{S_{def}}{S_{im}},$$

где S_{def} – площадь дефектов зеркала; S_{im} – площадь всего изображения.

Расчет искомого полного интегрального рассеивания Sc осуществляется по формуле:

$$Sc = \frac{s - Zero}{N * k} \times 10^6 [ppm],$$

где N – среднее арифметическое значения идеального рассеивания (определяется непосредственно на рабочем месте проверки зеркал); $k = k_1 \cdot k_2$, где $k_1 \cdot k_2$ – коэффициенты нейтральных фильтров.

Для оценки качества зеркала необходимо измерить величину рассеивания в нескольких угловых положениях.

В результате проведенных работ в рамках создания автоматизированного рабочего места контроля зеркал было разработано и отлажено ПО для оценки качества оптических зеркал резонатора ЛГ, которое отвечает следующим требованиям:

- получает достоверную информацию о величине рассеивания зеркал на всем покрытии и определяет положение зеркала с наименьшим коэффициентом рассеивания;
- проводит контроль параметров зеркал ЛГ в полностью автоматическом режиме.

УДК 629.7.054.07

ЗАБАВИЧЕВ И.Ю., КУСТОВ И.А., РАЕВСКАЯ А.А., СЕЛЕЗНЕВ Н.Е.

РАЗРАБОТКА БОРТОВОЙ АППАРАТУРЫ СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ ДЛЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Филиал ФГУП РФЯЦ ВНИИЭФ "НИИИС им. Ю.Е. Седакова"

При движении беспилотных летательных аппаратов (БЛА) необходимо в реальном времени контролировать траекторию их движения в соответствии с проложенным маршрутом, чтобы при необходимости корректировать полет объекта. Для этой цели в составе БЛА применяется инерциальная навигационная система (ИНС). Однако при длительном движении и совершении каких-либо маневров погрешность определения координат ИНС существенно возрастает. Для уточнения данных ИНС и коррекции полета объектов используются корректирующие системы. Одной из таких систем, нашедших широкое применение, является бортовая аппаратура спутниковой навигации (БАСН).

БАСН осуществляет прием сигналов навигационных космических аппаратов (НКА) системы ГЛОНАСС и GPS и обеспечивает высокую точность определения координат (порядка 10 м) и скоростей (около 5 см/с). Однако БАСН может обеспечить высокую точность навигационных определений и выполнить задачу коррекции ИНС только в случае приема 5 и более спутников. В большинстве случаев такие условия обеспечиваются, но при совершении резких маневров объекта происходит срыв слежения в приемнике БАСН за сигналами НКА. На восстановление приема и повторное получение навигационного решения также необходимо время, за которое может произойти существенное изменение траектории БЛА с выходом в другой район. Поэтому важнейшей задачей при проектировании БАСН для таких систем является обеспечение быстрого восстановления навигационного решения после срыва слежения за сигналами НКА.

В ходе данной работы были разработаны специальные алгоритмы и программное обеспечение (ПО) БАСН, обеспечивающие восстановление навигационного решения за время не более 4 с после срыва слежения в результате маневрирования в течение 20 – 30 с.

При разработке ПО БАСН была создана математическая модель движения объекта и выполнено моделирование работы алгоритмов быстрого восстановления ПО. Наиболее оптимальным для достижения быстрого времени восстановления было признано использование данных ИНС с одновременным прогнозом траектории движения летательного аппарата. Для реализации быстрого захвата сигнала необходимо точно знать его частоту доплеровского смещения, так как это позволит сократить полосу поиска. В реализованном ПО БАСН обеспечивается точный прогноз (с погрешностью не более 50 Гц) частоты Доплера при выходе из маневра, что обеспечивает быстрый захват сигнала. Алгоритмы были отработаны на штатных траекториях с имитатором спутниковых сигналов, а затем опытные образцы БАСН успешно прошли проверку в ходе натурных испытаний объекта и подтвердили правильность разработанных алгоритмов. Благодаря БАСН, были обеспечены своевременные поправки измерений ИНС и коррекция траектории движения объекта.

ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА НУЛЕВОЙ СИГНАЛ ЛАЗЕРНОГО ГИРОСКОПА

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

Выполнены исследования влияния постоянного магнитного поля на нулевой сигнал лазерного гироскопа с длиной периметра 160 мм в нормальных климатических условиях.

Постоянное магнитное поле напряженностью 400 А/м или переменное магнитное поле напряженностью 80 А/м частотой 400 Гц создавалось катушкой Гельмгольца диаметром 0,4 м, в центр которой помещался исследуемый прибор в поворотном кронштейне. Поочередно выполнялось воздействие магнитного поля по оси чувствительности Y лазерного гироскопа и по двум перпендикулярным ей осям X , Z , лежащим в плоскости оптического резонатора. Ось X расположена от диафрагмы к катоду, ось Z – от анода 1 к аноду 2 (рис. 1).

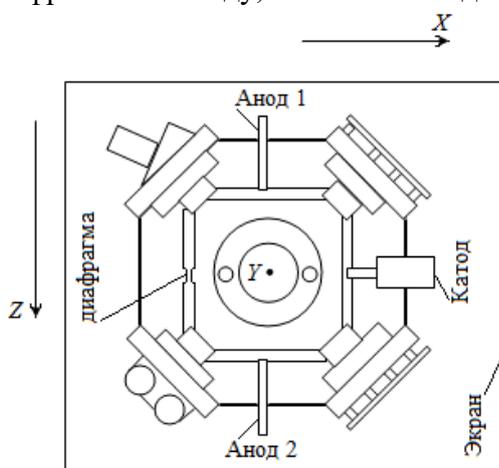


Рис. 1

Для устранения влияния на результаты теплового дрейфа исследования выполнялись в нормальных климатических условиях после предварительного прогрева прибора в течение шестидесяти минут. Осуществлялось по четыре цикла – 15 мин с воздействием магнитного поля, затем 15 мин без воздействия поля. Оценка точностных характеристик лазерного гироскопа (нулевого сигнала и его среднего квадратического отклонения) выполнялась по накоплениям длительностью 60 с.

При воздействии магнитного поля выполнены эксперименты без экранирования лазерного гироскопа и с его экранированием. В качестве экрана применялся кожух из пермаллоя 79 НМ ГОСТ 10160-75 толщиной 0,2 мм.

В результате исследований удалось выяснить следующее:

- воздействие на лазерный гироскоп магнитного поля по осям Y и Z незначительно, оно изменяет нулевой сигнал не более чем на 0,05 %/ч;
- переменное магнитное поле частотой 400 Гц с амплитудой 80 А/м по оси X в установившемся тепловом режиме изменяет нулевой сигнал на 0,05...0,1 %/ч;
- наиболее существенным является воздействие на лазерный гироскоп постоянное магнитное поле, при напряженности 400 А/м по оси X установившемся тепловом режиме такое поле изменяет нулевой сигнал на 0,1...0,3 %/ч;
- применение ферромагнитного экрана из пермаллоя 79 НМ позволяет устранить влияние магнитного поля на нулевой сигнал лазерного гироскопа.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРЕХОСНОГО ЛАЗЕРНОГО ГИРОСКОПА В БЛОКАХ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

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

В настоящее время основным методом измерения навигационных параметров и параметров ориентации подвижных объектов является аналитический метод обработки информации, поступающей с датчиков движения объекта. Примером реализации этого метода считаются бесплатформенные инерциальные системы навигации (БИНС), способные формировать информацию не только об углах курса, координатах объекта, пройденном расстоянии, но и об углах ориентации, таких как крен и тангаж [1].

Информационными элементами подобных систем наиболее часто используются акселерометры и датчики угловых скоростей, конструктивно объединенные в блок чувствительных элементов (БЧЭ). Метрологические характеристики БЧЭ в основном определяются характеристиками датчиков, которые должны обеспечивать заявленную точность соответствующей системы, например, БИНС.

Однако конструкция БЧЭ способна влиять на метрологические характеристики датчиков. Одними из важнейших требований к БЧЭ считаются точность позиционирования датчиков в блоке и самого блока в соответствующей системе координат, минимизация вредных влияний элементов конструкции блока на работу датчиков, минимизация весогабаритных характеристик блока.

Для БИНС среднего и высокого классов в значительной части БЧЭ находят применение в качестве датчиков угловых скоростей лазерные гироскопы (рис. 1).



Рис. 1. БЧЭ

Каждый из гироскопов блока ориентирован по соответствующей оси и имеет законченное исполнение, содержащее:

- оптический блок;
- виброподставку;
- сервисную электронику.

Внутри блока установлена триада акселерометров.

Необходимо отметить следующие недостатки БЧЭ с тремя лазерными гироскопами:

- большая масса гироскопа вызывает значительные деформации корпуса БЧЭ при ускоренном движении основания. Эти деформации приводят к изменению ориентации оси чувствительности гироскопа, вызывая дополнительную погрешность. Минимизация этой погрешности осуществляется значительным увеличением

- температуры деформации несущих поверхностей БЧЭ вызывают не взаимные повороты осей чувствительности всех лазерных гироскопов. Погрешности от этих поворотов невозможно уменьшить введением алгоритмических поправок;
- чрезвычайно сложно добиться требуемых величин частот собственных колебаний несущих поверхностей БЧЭ, исключая резонансные явления, особенно в широком температурном диапазоне;
- конструктивная сложность электромагнитной защиты от внешних полей.

Последние разработки лазерных гироскопов обращают внимание на достаточно хорошие характеристики трехосных лазерных гироскопов [2,3].

Трехосный лазерный гироскоп (рис. 2) состоит из моноблока, содержащего три ортогональных оптических канала, генератора, устройства накачки; стабилизатора частоты генерации, виброподставки, устройства обработки и выдачи информации.

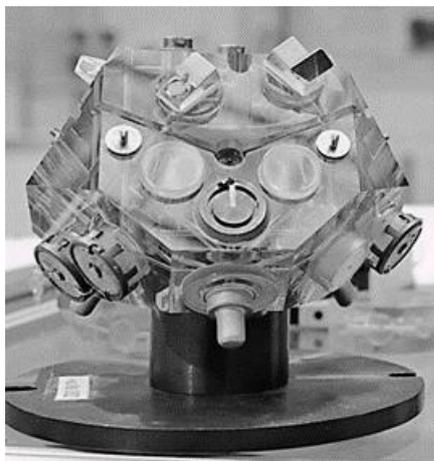


Рис. 2. Трехосный лазерный гироскоп

Генератор представляет собой газовый лазер с длиной волны $\lambda=0,63$ мкм, состоящий из трех взаимно ортогональных каналов с общим катодом, в каждом из которых реализованы два встречно включенных разрядных промежутка.

В генераторе при возбуждении активной среды, в каждом из трех каналов соответствующий информационный фотоприемник с двумя светочувствительными площадками преобразует световое поле бегущей интерференционной картины в электрический сигнал.

При изменении периметра оптического канала вследствие изменения температуры корпуса резонатора служит система регулирования периметра, которая имеет три идентичных канала, обеспечивающих независимую регулировку периметров каждого из каналов.

Трехосный моноблок лазерного гироскопа образует герметичную конструкцию, имеющую во всех направлениях высокую степень жесткости, вследствие этого можно полагать,

- что резонансные частоты прибора оказываются существенно выше характерных частот внешних воздействий, в результате чего исключаются резонансные состояния, вызванные вибрацией элементов крепления БЧЭ;
- поворот осей чувствительности в результате деформаций элементов крепления БЧЭ, вызванных линейными перегрузками имеет прогнозируемый характер и может быть компенсирован введением поправки;
- температурная деформация элементов крепления вызовет одинаковый поворот осей чувствительности всех оптических каналов, что может быть выявлено при анализе выходного сигнала и скомпенсировано введением поправки;
- сравнение характеристик трехосного лазерного гироскопа и трех одноосных показывает, что весогабаритные характеристики трехосного гироскопа меньше трех одноосных.

Представленные выводы предварительного анализа требуют дополнительных исследований БЧЭ, сконструированного под определенные датчики.

Библиографический список

1. **Матвеев, В.В.** Основы построения бесплатформенных инерциальных навигационных систем / В.В. Матвеев, В.Я. Распопов. – СПб. : ГНЦ РФ ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2009. – 280 с.
2. Аппроксимация оспроизводимых зависимостей масштабного коэффициента и матрицы ориентации измерительных осей трехосного квазичетырехчастотного зеемановского лазерного гироскопа [Текст] / Л.В. Еремин [и др.]. – Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. “Приборостроение”. 2013. №2.
3. **Кошелев, С.И.** Инновационные решения, примененные при разработке датчика угловых скоростей на базе трехосного кольцевого лазера ДУС-Т / С.И. Кошелев, М.И. Смирнов // Социально-экономические и технические проблемы оборонно-промышленного комплекса. –2016. – С. 147-149.
4. **Матвеев, В. А.** Гироскоп - это просто / В.А. Матвеев. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2012. – 191 с.
5. **Суханов, С.В.** Алгоритмы компенсации погрешностей выходного сигнала лазерного гироскопа // Математическое моделирование. Оптимальное управление Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2011. – С.134-140.
6. Методические указания к лабораторной работе по курсу «Гироскопические приборы и системы ориентации» Лазерный гироскоп / В.В. Барыкин [и др.]. – М.: Изд-во Москва, 2009. – 18 с.

УДК 621.184.64(075.8)

КАЛАТУР И.О.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ БЕЗДЕФЕКТНЫХ ОБЛАСТЕЙ ЗЕРКАЛ ЛАЗЕРНОГО ГИРОСКОПА

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

В настоящее время навигационные технологии находятся на таком уровне развития, который позволяет использовать их в самых различных сферах. Гироскопы являются источниками первичной информации при построении навигационных систем летательных аппаратов [1].

Актуальность выбранной темы обусловлена тем, что контроль качества зеркал является основным этапом производства лазерного гироскопа.

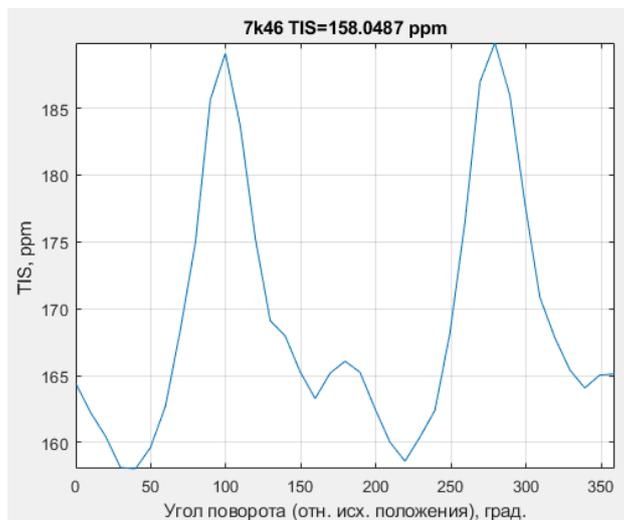


Рис. 1. График зависимости рассеяния от угла поворота

Разработанное программное обеспечение позволяет провести анализ зеркала лазерного гироскопа полностью в автоматическом режиме. С помощью микроскопа и цифровой камеры фиксируется изображение и поступает на персональный компьютер. Зеркало установлено на поворотной платформе для выявления дефектов, которые могут оказаться незаметными. По окончании полного анализа зеркала программа делает вывод о дальнейшей «годности» образца. На рис. 1 показан наглядный график зависимости рассеяния TIS от угла поворота зеркала.

Величины полного и интегрального рассеяния TIS и коэффициента обратного рассеяния R определяются следующими соотношениями:

$$TIS = \frac{16\pi^2}{\lambda^2 \sqrt{2}} \iint_{\theta, \varphi} S(f_x, f_y) (1 + \sin^2 \varphi) \cos^2 \theta \sin \theta d\theta d\varphi,$$

$$|R(\rho)| \approx \frac{2\pi^4 \sqrt{2} \sqrt{\pi} \mathcal{G}}{\lambda^2} \sqrt{S\left(\frac{-\sqrt{2}}{\lambda} \cos \rho, \frac{-\sqrt{2}}{\lambda} \sin \rho\right)},$$

где $\lambda = 0,6328$ мкм – длина волны излучения кольцевого гелий-неонового лазера;

\mathcal{G} – расходимость излучения, генерируемого кольцевым лазером;

f_x, f_y – пространственные частоты, зависящие от углов падения и рассеяния θ, φ .

В результате проведенных работ в рамках создания автоматизированного рабочего места контроля зеркал с лазерной подсветкой было разработано программное обеспечение для оценки качества оптических зеркал резонатора лазерного гироскопа, которое отвечает требованиям испытателей.

-
1. **Васильев, А.А.** Специальные методы контроля элементов лазерного гироскопа : монография / А.М. Васильев, Е.И. Гребенюк. – М. : Издательство «Руслайн», 2015. – 100 с.

УДК 539.67

КЕЧИН Е.С., ЗУБКОВ Н.В.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛИНЕЙКИ КОМПЕНСАЦИОННЫХ МИКРОМЕХАНИЧЕСКИХ АКСЕЛЕРОМЕТРОВ

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

В настоящее время микроэлектромеханические системы (МЭМС) являются актуальным и перспективным направлением в приборостроении. Особое место среди приборов, основанных на технологиях МЭМС, занимают акселерометры – устройства, измеряющие проекцию кажущегося ускорения [1].

Известно, что наиболее высокий показатель точности выходных характеристик акселерометров обеспечивается устройствами компенсационного типа измерения, за счет применения контура отрицательной обратной связи, реализующего силовую разгрузку (компенсацию) подвижного узла [2]. В работе рассмотрены особенности проектирования линейки компенсационных маятниковых акселерометров на различные диапазоны измерения (от 1 до 100g) при ограничении на типоразмеры конструкции механической части.

Одной из основных проблем при проектировании компенсационных акселерометров на большие диапазоны измерения является недостаточный уровень показателя «компенсационности» устройства, за который принимается так называемая добротность контура компенсации. Добротность – это отношение жесткости «электропружины», включающей в себя электронный блок в прямой цепи контура компенсации и обратный преобразователь, к меха-

нической жесткости упругих подвесов, зависящей от конструктивных особенностей и свойств материала – монокристаллического кремния. Вторая проблема – недостаточная величина момента обратной связи для уравнивания инерционного момента.

Для решения этих проблем в конструкции подвижного узла акселерометра используется пластинчатый маятниковый элемент, выполненный из единой пластины монокристаллического кремния в форме «коромысла», с частичным уравниванием расположенных по разные стороны от оси подвеса масс [2]. Кроме того, высокий показатель добротности обеспечивается за счет использования оригинального магнитоэлектрического обратного преобразователя с плоскими системами катушек, расположенными между двумя парами встречно включенных магнитов, образующих так называемое «стесненное» магнитное поле [3].

В докладе приведены оптимальные соотношения параметров конструкции для получения максимальных значений добротности при различных диапазонах измеряемого ускорения и при выполнении дополнительных ограничений (связанных с обеспечением прочности подвеса и т. д.). Представлены также результаты расчетов магнитного поля встречных магнитов методом конечных элементов, которые можно использовать при проектировании. Выявлено также, что конструкция маятника в форме «коромысла» при диапазоне измеряемого ускорения менее 10g не обеспечивает необходимую чувствительность маятника (сильно занижается маятниковость как произведение массы на плечо до центра масс). В этом случае требуется переход к конструктивной схеме «чистого» маятника, без частичного уравнивания, поэтому заявленный диапазон измерений можно обеспечить минимум двумя вариантами конструктивных схем акселерометра.

Библиографический список

1. **Распопов, В.Я.** Микромеханические приборы [Текст] / В.Я. Распопов. – М.: Машиностроение, 2007. – 400 с.
2. **Вавилов, В.Д.** Микроэлектромеханические системы: монография / В.Д. Вавилов; Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. - Н. Новгород, 2014. – 631 с.
3. Компенсационный маятниковый акселерометр [Электронный ресурс]. – URL: <https://patents.google.com/patent/RU2543708C1/ru>

УДК 629

КОРОЛЕВА О.В.

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ КООРДИНАТ

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

Автоматизированная система контроля (АСК) позволяет проверить выходные параметры преобразователя координат, а также проводить испытания данного печатного узла (ПУ), имитирующие реальные условия его эксплуатации.

Преобразователь координат используется в гироскопическом блоке совместно с другими ПУ для выполнения в нем функций: передачи транзитных данных для некоторых цепей; контроля отказа блока и аварийного отключения питания при его обнаружении; обеспечения определенной последовательности включения источников питания для всех узлов, входящих в блок; формирования на выходе телеметрии по данным, поступающим с датчиков акселерометров и датчиков угловых скоростей; преобразования сигналов, поступающих с выходов усилителей обратной связи датчиков акселерометров и датчиков угловой скорости для дальнейшей их оцифровки.

АСК состоит из аппаратной и программной части. Реализация аппаратной части может быть представлена структурной схемой АСК преобразования координат (см. рис. 1).

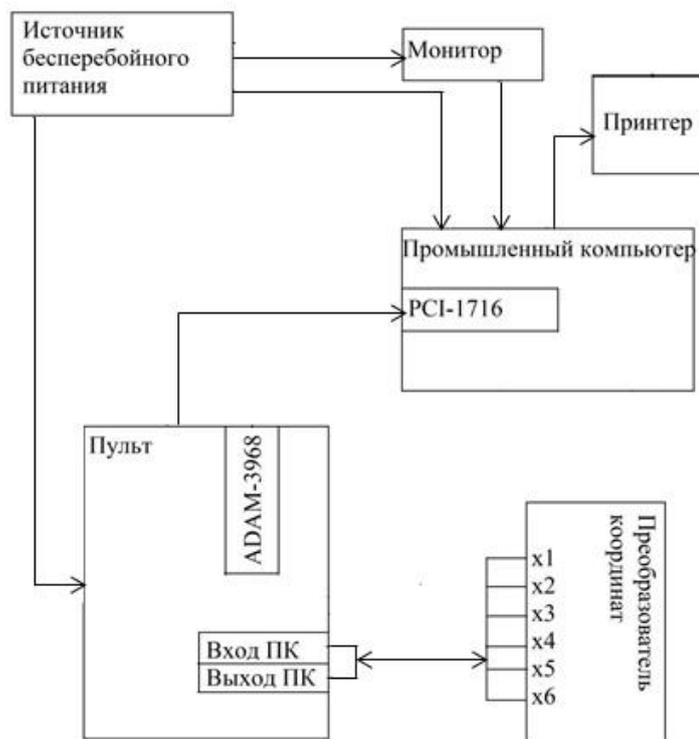


Рис.1. Структурная схема АСК преобразователя координат

Программная часть АСК состоит из прикладного программного обеспечения (ППО). ППО предназначено для проведения настройки и проверки преобразователя координат.

АСК осуществляет контроль ряда параметров данного ПУ: напряжения и тока, потребляемых преобразователем координат от источников электропитания; напряжения на выходах в зависимости от различных режимов работы; напряжения на контакте изделия, выдающего сигнал «Авария» при некорректной работе блока; длительности импульсов при различных последовательностях включения команд у изделия.

Применение АСК по сравнению с использованием ручного рабочего места позволяет повысить скорость проверки ПУ и производительность труда в целом; снизить, почти до нуля, человеческий фактор и ошибки проверки; повысить качество изготавливаемой продукции.

УДК.629.7.058.42

КОРЧАГИН К.С.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ ИЗМЕРИТЕЛЯ ВЫСОТНО-СКОРОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ АВИАЦИИ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексева,
ПАО «АНПП «ТЕМП-АВИА»

В соответствии с [1], в составе летательного аппарата обязательным является применение барометрических измерителей высотно-скоростных параметров (ИВСП) для измерения давления воздушного потока и вычисления значений приборной, вертикальной и истинной скоростей, абсолютной и относительной барометрической высот, числа Маха и т.д.

При разработке измерительных систем для объектов авиации общего назначения одними из основных требований являются габариты и стоимость. Поэтому, в большинстве случаев применяются системы на основе МЭМС-датчиков низкой точности.

Поэтому для разработки перспективных ИВСП необходимо провести исследование ДД с целью определения подходов повышения точности.

В качестве предмета исследования были выбраны ДД МРХ4115 и МРХ4250 фирмы Freescale, их основа — Х-образная тензорезистивная структура, на кремниевой диафрагме.

В ходе исследования проведена оценка точностных характеристик при использовании паспортизованной функции преобразования давления (P) от напряжения ($V_{out}(P)$), однако полученный результат не соответствовал предъявляемым требованиям, поэтому была предложена функция преобразования давления с подобранными опытным путем коэффициентами линеаризации x_1 и x_2 :

$$P = (V_{out}(P)/5.1 + 0.095)/0.009, \quad (1)$$

$$P = (V_{out}(P) - x_1)/x_2. \quad (2)$$

Выбранные датчики являются термостабилизированными, однако полученные результаты продемонстрировали необходимость проведения калибровки для определения зависимости выходного сигнала ДД от температуры для последующего снижения статической погрешности. Для этого были использованы температурные датчики AD22100.

Предложена функция преобразования выходного сигнала ДД ($V_{out}(P)^i$), выходного сигнала датчика температуры ($V_{out}(T)^j$) и калибровочных коэффициентов (K_{ij}):

$$P = \sum_{i=0}^{i=5} \sum_{j=0}^{j=4} K_{ij} \cdot V_{out}(P)^i \cdot V_{out}(T)^j. \quad (3)$$

Гистерезис выходного сигнала ДД показан на рис. 1, график погрешности измерения давления представлен на рис. 2.

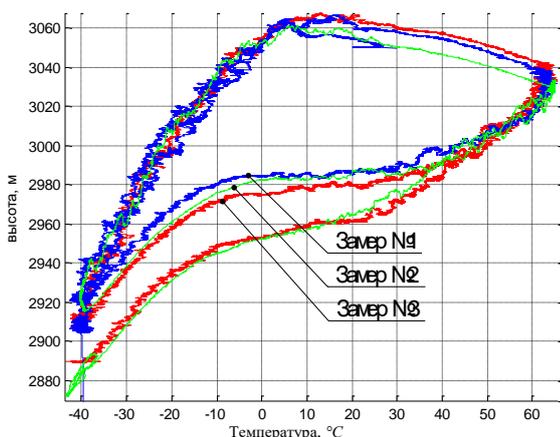


Рис. 1. Гистерезис выходного сигнала

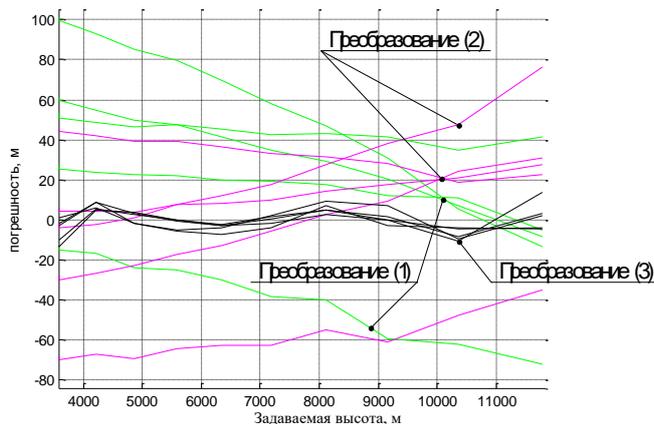


Рис. 2. Погрешности выходного сигнала

Полученные результаты позволяют применить выбранные ДД в разрабатываемых перспективных ИВСП для объектов авиации общего назначения.

1. Часть 21 Авиационных правил «Сертификация авиационной техники, организация разработчиков и изготовителей»: 1-е изд. – 2014.

КАЛИБРОВКА БЛОКА АКСЕЛЕРОМЕТРОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПОТЕНЦИАЛЬНО НЕИДЕАЛЬНОГО СТЕНДА

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

Задача калибровки БА хорошо известна. Обычно предполагается, что угловые и геометрические погрешности прецизионных стенов, применяемых для калибровки инерциальных датчиков, малы настолько, что ими можно пренебречь. Тем не менее, высокоточные стенов с течением времени могут терять свои прецизионные качества: у них могут появиться малые перекосы осей вращения, систематические ошибки измерения углов поворотов вокруг осей, а также негоризонтальность основания вследствие "просадки" фундамента. Поэтому для стенов периодически осуществляются соответствующие регламентные работы. Однако можно упомянутые стабильные параметры, отвечающие за прецизионность стенов, включать в вектор оцениваемых параметров наравне с параметрами калибровочной модели блока акселерометров. Тогда помимо решения основной задачи калибровки возможно осуществить и функциональную диагностику стенов. Это обстоятельство дополняет традиционную постановку задачи калибровки.

Совместная задача калибровки и функциональной диагностики стенов становится многопараметрической. Применение гарантирующего подхода к калибровке позволяет достаточно просто найти оптимальные угловые положения стенов и построить оптимальные алгоритмы калибровки БА и функциональной диагностики стенов.

В работе были указаны 10 угловых положений стенов, обеспечивающих оптимальную по точности оценку всех искомых параметров. В данной работе описан итог применения метода гарантирующего оценивания для получения минимального общего числа угловых положений. Указывается, что достаточно 10 положений стенов (но не менее 10).

Поскольку абсолютно точно реализовать нужные положения стенов затруднительно, то рассмотрен случай, когда стенов устанавливается в положения, близкие к оптимальным. Обсуждается процедура, позволяющая устранить ошибки, возникающие из-за неточности установок стенов в требуемые положения. Приводятся результаты обработки показаний БА в некоторых экспериментах.

Модель блока акселерометров

Примем следующую стандартную модель блока акселерометров:

$$\begin{pmatrix} a_X \\ a_Y \\ a_Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 + \Gamma_{XX} & \Gamma_{XY} & \Gamma_{XZ} \\ \Gamma_{YX} & 1 + \Gamma_{YY} & \Gamma_{YZ} \\ \Gamma_{ZX} & \Gamma_{ZY} & 1 + \Gamma_{ZZ} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} f_X \\ f_Y \\ f_Z \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \Delta f_X^0 \\ \Delta f_Y^0 \\ \Delta f_Z^0 \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где $(a_X \ a_Y \ a_Z)^T$ – показания акселерометров по осям X, Y, Z , соответственно;

$(f_X \ f_Y \ f_Z)^T$ – неизвестные проекции истинной удельной силы на соответствующие оси инструментального (идеального) трехгранника;

$\Gamma_{XX}, \Gamma_{YY}, \Gamma_{ZZ}$ – ошибки масштабных коэффициентов акселерометров, расположенных по осям X, Y, Z соответственно;

Γ_{XY}, Γ_{XZ} – ошибки несоосности акселерометра по оси X ;

Γ_{YX}, Γ_{YZ} – ошибки несоосности акселерометра по оси Y ;

Γ_{ZX}, Γ_{ZY} – ошибки несоосности акселерометра по оси Z ;

$(\Delta f_X^0 \ \Delta f_Y^0 \ \Delta f_Z^0)^T$ – систематические смещения показаний акселерометров по осям X, Y, Z , соответственно.

Оптимальный план калибровки

Для решения поставленной задачи оценивания применен гарантирующий подход. В итоге можно показать, что необходимо поставить стенд в 10 угловых положений, причем уменьшить количество этих положений невозможно. Оптимальный план калибровки, состоящий из минимального числа положений стенда, описывается табл. 1. В ней α – угол поворота стенда вокруг его внешней оси, а β – угол поворота стенда вокруг внутренней оси.

Таблица 1. Минимальный набор угловых положений стенда

№ эксперимента	Оптимальные углы поворота стенда	Используемые нормированные показания акселерометров
1	$\alpha=0^\circ, \beta=0^\circ$	$z^{(1)}=az/g, z^{(2)}=ax/g, z^{(3)}=ay/g$
2	$\alpha=0^\circ, \beta=180^\circ$	$z^{(1)}=az/g, z^{(2)}=ax/g,$
3	$\alpha=-90^\circ, \beta=90^\circ$	$z^{(2)}=ax/g$
4	$\alpha=-90^\circ, \beta=180^\circ$	$z^{(1)}=az/g$
5	$\alpha=90^\circ, \beta=0^\circ$	$z^{(2)}=ax/g, z^{(3)}=ay/g$
6	$\alpha=90^\circ, \beta=-90^\circ$	$z^{(1)}=az/g, z^{(3)}=ay/g$
7	$\alpha=90^\circ, \beta=90^\circ$	$z^{(1)}=az/g, z^{(2)}=ax/g, z^{(3)}=ay/g$
8	$\alpha=90^\circ, \beta=180^\circ$	$z^{(1)}=az/g, z^{(2)}=ax/g, z^{(3)}=ay/g$
9	$\alpha=180^\circ, \beta=-90^\circ$	$z^{(1)}=az/g, z^{(2)}=ax/g, z^{(3)}=ay/g$
10	$\alpha=180^\circ, \beta=90^\circ$	$z^{(1)}=az/g, z^{(2)}=ax/g, z^{(3)}=ay/g$

Построение оценок

Выпишем оценки параметров, разбивая их на группы с одинаковыми положениями стенда. В квадратных скобках указан номер эксперимента (вместо значений углов), а в круглых скобках указан номер оси Z, X, Y соответственно.

$$\begin{aligned}
 \hat{q}_1 &= \frac{1}{4}(-z_{(1)}[1] + z_{(1)}[2] + z_{(2)}[10] - z_{(2)}[9]), \\
 \hat{q}_2 &= \frac{1}{4}(z_{(1)}[10] - z_{(1)}[9] - z_{(2)}[1] + z_{(2)}[2]), \\
 \hat{q}_3 &= \frac{1}{4}(-z_{(1)}[1] + z_{(1)}[2] - z_{(2)}[10] + z_{(2)}[9]), \\
 \hat{q}_4 &= \frac{1}{4}(z_{(1)}[1] + z_{(1)}[2] - z_{(1)}[10] - z_{(1)}[9]), \\
 \hat{q}_7 &= \frac{1}{4}(z_{(1)}[1] + z_{(1)}[2] + z_{(1)}[10] + z_{(1)}[9]), \\
 \hat{q}_8 &= \frac{1}{4}(z_{(2)}[1] + z_{(2)}[2] - z_{(2)}[10] - z_{(2)}[9]), \\
 \hat{q}_{14} &= \frac{1}{2}(z_{(3)}[1] - z_{(3)}[10]), \hat{q}_{15} = \frac{1}{2}(z_{(3)}[1] + z_{(3)}[10]), \\
 \hat{q}_5 &= \frac{1}{2}(z_{(1)}[7] - z_{(1)}[6]), \hat{q}_9 = \frac{1}{2}(z_{(2)}[7] - z_{(2)}[3]), \\
 \hat{q}_{12} &= \frac{1}{2}(z_{(3)}[7] - z_{(3)}[6]), \hat{q}_6 = \frac{1}{2}(-z_{(1)}[8] + z_{(1)}[4]), \\
 \hat{q}_{10} &= \frac{1}{2}(z_{(2)}[5] - z_{(2)}[8]), \hat{q}_{11} = \frac{1}{2}(z_{(2)}[5] + z_{(2)}[8]), \\
 \hat{q}_{13} &= \frac{1}{2}(z_{(3)}[5] - z_{(3)}[8]),
 \end{aligned} \tag{2}$$

где $\hat{q}_1, \hat{q}_2, \hat{q}_3$ – параметры стенда;

$\hat{q}_{10}, \hat{q}_{14}, \hat{q}_5$ – ошибки масштабных коэффициентов;

$\hat{q}_{11}, \hat{q}_{15}, \hat{q}_7$ – нулевой сигнал;

$\hat{q}_8, \hat{q}_9, \hat{q}_{12}, \hat{q}_{13}, \hat{q}_5, \hat{q}_6$ – несоосность акселерометров.

Библиографический список

1. **Акимов, П.А.** Гарантирующее оценивание и Π -аппроксимация в задачах оценивания параметров БИНС при стендовых испытаниях/П.А. Акимов, А.В. Деревянкин, А.И. Матасов. – М.: Изд-во МГУ, 2012. 294 с.
2. **Веремеенко, К.К.** Разработка алгоритма калибровки инерциальной навигационной системы на двухосном испытательном стенде/К.К. Веремеенко, И.А. Галай // Электронный журнал. Труды МАИ. 2013. – №63.
3. **Голован, А.А.** Гарантирующий подход для определения оптимального плана калибровки / А.А. Голован, А.И. Матасов // Фундаментальная и прикладная математика. 2018. – Т.22. – №2. – С. 12-22.

УДК 681.2.088

МОРОКОВА М.Е., ГАЙНОВ С.И.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ СТАБИЛЬНОСТИ ИНТЕГРАЛЬНЫХ АКСЕЛЕРОМЕТРОВ

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

Наиболее интенсивно развивающимся направлением в мировой индустрии за последние десятилетия стала микросистемная техника. Развитие этого направления основано в основном на разработке и производстве различных миниатюрных датчиков, микродвигателей и преобразователей. Однако данные изделия, в некоторых случаях, имеют значительную погрешность, обусловленную линейностями выходных характеристик и конструктивными особенностями чувствительного элемента. Отсутствие обратной связи и низкая тепловая инерционность являются причиной изменения выходного сигнала, которой можно описывать величинами коэффициентов (Нелинейностей, перекрестных связей, температурных).

Истинные значения коэффициентов можно определить только экспериментально на основе анализа температурных отклонений выходного сигнала. В качестве объектов исследования в работе были приняты трехосевые аналоговые микроакселерометры на макетных платах Analog Device. Для проведения эксперимента было использовано следующее оборудование: акселерометры ADXL 335, ADXL 337 с аналоговым выходом, поворотная рама, камера тепла и холода ESPECBTZ-175E, источник питания, вольтметр и контактная колодка (рис. 1). Показания снимались в температурном диапазоне от -40 до $+60^{\circ}\text{C}$ (с шагом 10°C), с изменяемым угловым положением акселерометров от -90° до $+90^{\circ}$ (с шагом 10°).

Для повышения точности акселерометра необходимо учитывать истинные значения исследуемых коэффициентов и корректировать показания датчиков, применяя дополнительные процессорные блоки.

Истинная выходная функция акселерометра представляется в виде степенного ряда, состоящего из искоемых коэффициентов и значений ускорений по ортогональным осям:

$$U_{\text{вых}} = K_0 + K_x a_x + K_y a_y + K_z a_z + K_{yz} a_z a_y + K_{zx} a_z a_x + K_z^2 a_z^2 + K_z^3 a_z^3. \quad (1)$$

Для определения текущих значений коэффициентов применялась аппроксимация экспериментальных данных по методу наименьших квадратов с составлением системы линейных уравнений. Решение системы вручную является сложным и трудоемким, поэтому в ка-

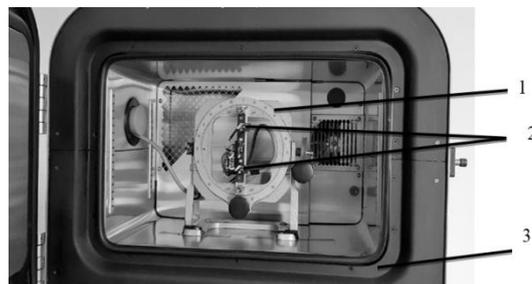


Рис. 1. Акселерометры на поворотной раме в климатической камере:
1 – поворотная рама, 2 – акселерометры ADXL335 и ADXL337, 3 – камера тепла и холода ESPECBTZ-175E

честве инструмента был выбран программный пакет C++, на котором написана программа решения и скомпилирован исполняемый файл.

По полученным коэффициентам наблюдаются существенные отличия между акселерометрами, как по осям первого акселерометра, так и по двум акселерометрам в целом. Также можно заметить, что акселерометры более чувствительны по оси Y.

1. **Вавилов, В.Д.** Многофакторные исследования статической характеристики интегрального акселерометра // Н.Новгород, 2003. – 32 с.

УДК 502.36 : 621.592

ОБИДИНА К.А., ДУНЦЕВ А.В., АНДРЕЕВ В.В., ЛЕБЕДЕВ В.В., КОТ А.В.

СИСТЕМА УЛАВЛИВАНИЯ И РЕКУПЕРАЦИИ ПАРОВ БЕНЗИНА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

По результатам оценок [1-3] получено, что АЗС России в течение года сбрасывают в атмосферу более 100 тыс. т паров нефтепродуктов. Большая часть этих выбросов приходится на «дыхания» резервуаров. «Малые дыхания» происходят ежедневно, вследствие изменения температуры атмосферного воздуха. «Большие дыхания» резервуаров наблюдаются при поступлении в резервуар жидких нефтепродуктов. Выбросы паров бензина вызваны тем, что избыток давления сбрасывается через дыхательные клапаны. Помимо вредного воздействия нефтепродуктов на окружающую среду, потери бензина экономически невыгодны. Кроме того, в процессе испарения уменьшается концентрация углеводородов, а соответственно и качество нефтепродукта.

Одним из способов сокращения потерь от «дыханий» является введение в эксплуатацию системы улавливания и рекуперации паров топлива на основе встроенных устройств охлаждения паров непосредственно в дыхательных линиях. Данная конструкция позволяет охладить поток насыщенной паровоздушной смеси до необходимой температуры (точки росы). За время нахождения частиц в дыхательной линии, капли имеют возможность зафиксироваться на стенках. Затем конденсат паров бензина в виде пленок при достижении ими определенной толщины возвращается обратно в резервуар.

В качестве устройства для охлаждения паров топлив предлагается вихревая воздушная холодильная машина, состоящая: из компрессора атмосферного воздуха, вихревых труб, соединительных трубопроводов и запорной арматуры [4]. Система экономичнее традиционных охладителей, так как получаемому продукту рекуперации не нужна вторичная переработка, а для обслуживания системы не нужен высококвалифицированный персонал. В вихревой трубе отсутствуют движущиеся элементы - это обеспечивает надежность и безопасность конструкции.

Дальнейшими способами повышения эффективности данной системы является совместное использование с нею дисков-отражателей или жидкостно-газовых струйных аппаратов.

Внедрение данной системы, основанной на использовании вихревой воздушной холодильной машины на более чем 40 АЗС, доказало ее эффективность. Улавливание светлых нефтепродуктов составляет более 75%.

Библиографический список

1. **Александров, А.А.** Емельянов В.Ю. Деньги на ветер. Обзор действующих систем улавливания паров нефтепродуктов / А.А. Александров, И.А. Архаров // Современная АЗС. – 2005. – № 10. – С. 130-133.
2. **Капитонова, Ю.Б.** Актуальность проблемы снижения потерь топлива в системе нефтепродуктообеспечения // Вологодские чтения. – 2006. – №56. – С. 29-31.

3. **Кулагин, А.В.** Прогнозирование и сокращение потерь бензинов от испарения из горизонтальных подземных резервуаров АЗС: авторефер. дис. ... канд. техн. Наук / А.В. Кулагин. – Уфа: УГНТУ, 2003. – 24 с.
4. Встроенная низкотемпературная система улавливания и рекуперации паров моторного топлива на автозаправочных станциях / В.В. Андреев [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2020. – Вып. 4 (1158). – С.101-104.

УДК 629.7.054.07

ПЕТРОВА А.В., НИКИТИН А.А., РАЕВСКАЯ А.А., КУРБАКОВ А.В.

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО СОЗДАНИЮ ПЕРСПЕКТИВНОЙ АППАРАТУРЫ СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ

Филиал ФГУП РФЯЦ ВНИИЭФ "НИИИС им. Ю.Е. Седякова"

В настоящее время аппаратура спутниковой навигации (АСН) широко используется для определения координат подвижных объектов. Одним из требований, предъявляемых к АСН, является точность ее навигационных определений (НО). Особенно важно это для АСН, которая устанавливается на летательные аппараты (ЛА). На точность навигационных определений АСН влияет количество принимаемых ей сигналов навигационных космических аппаратов (НКА) и их взаимное расположение в пространстве, которое характеризуется геометрическим фактором. Как правило, чем большее количество сигналов НКА принимается АСН, тем выше точность НО. При движении ЛА на высоких скоростях и совершении виражей возможно пропадание сигналов НКА и снижение точности НО.

До настоящего времени алгоритм работы АСН с несколькими приемными антеннами использовал поочередное подключение антенн к навигационному приемнику в соответствии с пространственной ориентацией ЛА на конкретном участке траектории. Однако данный алгоритм работы может быть применен только на ЛА, на борту которого присутствует информация о его пространственной ориентации.

Использование АСН на борту ЛА, совершающего большие крены, при движении затруднительно. Исключить пропадание сигналов НКА возможно за счет применения в составе АСН нескольких приемных антенн, формирующих суммарную диаграмму направленности (ДН) шириной 200-360°. Исследования по созданию подобной антенной системы, состоящей из нескольких антенн, показали, что суммирование сигналов с выходов нескольких антенн приводит к ухудшению ДН антенной системы и качества приема спутникового сигнала. Данный эффект возникает из-за фазовых соотношений суммируемых сигналов. Были проведены исследования, в ходе которых было показано, что наиболее оптимальным является объединение сигналов с двух антенн в навигационном процессоре. Для этого в приемнике АСН были реализованы отдельные приемо-измерительные каналы для каждой антенны. В состав каждого из двух приемо-измерительных каналов входит антенна, маломощный усилитель, радиоприемное устройство и цифровой коррелятор навигационных сигналов. Прием сигналов с каждой антенны осуществляется независимо. При решении навигационной задачи процессор (в соответствии с алгоритмом) выбирает, какие из сигналов использовать в навигационном решении. Для работы АСН было разработано специализированное программное обеспечение, которое анализирует группировку «видимых» каждой антенной НКА, выбирая оптимальное (по точности) созвездие для решения навигационной задачи. Антенны на ЛА могут быть расположены таким образом, что в полете образуются совместные зоны приема сигналов НКА, т.е. прием одного НКА обеими антеннами. Алгоритм обеспечивает выбор наиболее мощного и устойчиво принимаемого сигнала. В случае прекращения приема сигнала спутника, используемого в решении, процессор производит его замещение сигналом со второй антенны и точность НО при этом не ухудшается. При маневрировании и возможном срыве слежения применен метод быстрого восстановления слежения за сигналами НКА.

По промежуточным итогам научно-исследовательской работы были разработаны: конструкторская документация, изготовлен образец АСН; а также проведено моделирование и экспериментальные исследования, показавшие правильность примененных технических решений по обработке сигналов НКА с нескольких антенн.

УДК 681.518.22

РУМЯНЦЕВ В.Л.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО ГИРОСКОПА

ООО «Арзамасское приборостроительное конструкторское бюро»

В настоящее время важной задачей повышения эффективности современных производственных процессов является их автоматизация.

При изготовлении и отладки высокотехнологичных изделий, таких как волоконно-оптический гироскоп (ВОГ), появляется необходимость в проведении сложных процессов, выполняемых высококвалифицированным персоналом. Автоматизировав процессы отладки и испытания гироскопа, возможно уменьшить конечную стоимость продукта.

На текущий момент многие серийные изделия подвергаются приемо-сдаточным испытаниям (ПСИ) посредством установок и разработанных пультов для определения и формирования протоколов испытаний. Недостатком данного подхода является длительное время проведения ПСИ, человеческий фактор (возможность ошибки оператора, некорректная установка изделия), большое количество оборудования. Именно поэтому на смену этого подхода разрабатываются автоматизированные системы контроля (АСК), исключающие существенные минусы в данном подходе к приемо-сдаточным испытаниям.

Основными преимуществами автоматических систем контроля являются:

- исключение влияния человеческого фактора;
- сокращение времени на проверку;
- защита проверяемых данных от коррекции оператором.

При этом АСК являются наукоемким продуктом, их создание требует комплексных мер, основанных на знаниях математики, физики, техники, и их теоретических и практических достижений.

АСК является аппаратно-программным комплексом, и функции решения задач распределены определенным образом между аппаратной составляющей и программным обеспечением. С целью возможности установки угловых скоростей необходима поворотная платформа с своим пультом управления.

Волоконно-оптический гироскоп, разработанный в ООО «АПКБ» (г. Арзамас), содержит в своем составе вычислительное устройство (Программируемая логическая интегральная схема - ПЛИС) и имеет возможность передавать и принимать информацию по интерфейсу RS-232.

Разработанная система автоматизированного контроля волоконно-оптического гироскопа выполняет следующие функции:

- программирует ПЛИС ВОГ;
- позволяет задавать угловую скорость для изделия с точностью 1 %;
- определяет с требуемой точностью параметры ВОГ;
- производит обработку результатов измерений по заданным алгоритмам;
- формирует протокол измерений.

В процессе работы были разработаны: структура АСК, ее аппаратная часть (поворотная платформа, пульт управления поворотной платформой), программное обеспечение и методики контроля параметров ВОГ.

Проведены эксперименты доказывающие, что, используя разработанную АСК, длительность испытаний гироскопа можно многократно сократить.

УДК 681.2

САЗЕЕВ Д.Д.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ДАТЧИКА УГЛА ГИРОСКОПИЧЕСКОГО

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

В качестве объекта исследования выступает датчик угла гироскопический (ДУГ), конструктивно представляющий собой функционально законченный блок, имеющий в своем составе гироскоп и различные модули. Данный блок производится исключительно ПАО АНПП «Темп-Авиа» и не имеет зарубежных аналогов.

Гироскоп, входящий в состав блока, имеет в своем составе чувствительную обмотку, напряжение на которой изменяется в зависимости от поворота движущихся частей гироскопа в пространстве. Данную обмотку необходимо запитать точным стабильным сигналом, а также осуществить съем сигнала с нее с последующей цифровой обработкой.

Прототипом данного блока является функционально аналогичный блок, производимый ПАО АНПП «Темп-Авиа», но выполненный на зарубежной элементной базе. В состав разработанного датчика угла гироскопического входят только отечественные электрорадиоизделия.

В состав ДУГ входят следующие модули: питания, усиления, измерения и обработки, разгона.

Модуль питания служит для формирования основных питающих напряжений для всех узлов блока. Источниками вторичного электропитания служат специальные МДМы, имеющие вход синхронизации, позволяющие управлять переходными процессами, а также точно знать, когда они произойдут, что лежит в основе всей измерительной системы.

Модуль разгона формирует трехфазное напряжение с амплитудными значениями 27 В для форсажа и 12 В для постоянной работы для запитки гиромотора, специальный сигнал, запитывающий чувствительную обмотку, а также сигнал синхронизации источников питания.

Модуль измерения и обработки является основной цифровой частью всего блока. Данный модуль снимает дифференциальный сигнал с ортогонально расположенных обмоток чувствительной части гироскопа. Данный дифференциальный сигнал проходит простейшую аналоговую антиалиасинговую фильтрацию, а также масштабируется для последующего аналого-цифрового преобразования. Вся цифровая фильтрация, обсчет, а также управление моментными датчиками гироскопа осуществляется одним МЦОС – 1967ВН044 производства АО «ПКК «Миландр».

Модуль усиления обеспечивает необходимое усиление по току для управляющего сигнала, поступающего с модуля измерения и обработки. В модуле усиления используются мощные отечественные операционные усилители, включенные в режиме повторителей с небольшой дополнительной обвязкой в виде блокирующих диодов, RC-цепи обратной связи и др.

Данный блок является полностью автономной системой определения угла положения гироскопической платформы. Для его работы необходимо только наличие бортового питания боевой машины, нет необходимости подключать ПК или различные блоки чувствительных элементов. За счет разработанного программного обеспечения, а также записи табличных коэффициентов датчика обеспечивается скорость управления не менее 0,2°/с, смещение фазы сигнала управления не более 3°, а также нелинейность не более 5%.

АСТРОИНЕРЦИАЛЬНАЯ НАВИГАЦИОННАЯ СИСТЕМА

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

Астрокорректор (АК) предназначен для круглосуточной астрокоррекции накапливающихся со временем ошибок бесплатформенной инерциальной навигационной системы (БИНС), установленной на борту летательного аппарата. Наличие высокоточного круглосуточного АК в составе комплексной астроинерциальной системы навигации и автоматического управления сегодня особо актуально в связи с тем, что АК может обеспечить автономную от систем спутниковой навигации астрокоррекцию ошибок БИНС.

АК должен визировать группу звезд или Солнце, идентифицировать их в бортовом звездном каталоге и в результате определять параметры ориентации при полете на высотах не менее 10 км в любое время суток.

БИНС обеспечивает высокочастотное и помехоустойчивое решение навигационной задачи и формирует априорную информацию для работы АК. Он выполняет периодическую астрокоррекцию БИНС, вычисляя параметры трехосной ориентации при визировании группы звезд, или два угла для астрокоррекции по измерениям направления на Солнце в случае засветки звездного оптического канала [1].

АК может обеспечивать круглосуточную астрокоррекцию с высокой точностью в условиях прямой видимости астроориентиров, т.е. при отсутствии облачности и других помех, явным образом перекрывающих световой поток от звезд. Еще одним помеховым фактором, при котором АК может терять работоспособность, является угловая скорость носителя, она ограничена величиной 1,5 %/с. Частота обновления навигационной информации составляет не менее 0,2 Гц.[2]

Библиографический список

1. **Андреев, В.Д.** Теория инерциальной навигации. Автономные системы / В.Д. Андреев. – М. : Наука, 1966. – 579 с.
2. **Черенков, С.А.** О перспективных астрокорректорах астроинерциальных навигационных систем / С.А. Черенков, А.А. Худяков // Труды Московского института электромеханики и автоматики (МИЭА). 2017. Вып. 18. С.35-42.

ПОВЫШЕНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ СКОРОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ГИРОСКОПА НА СФЕРИЧЕСКОЙ ШАРИКОПОДШИПНИКОВОЙ ОПОРЕ

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

Индикаторные трехстепенные управляемые гироскопы на сферической шарикоподшипниковой опоре широко применяются в качестве чувствительных элементов индикаторных гироскопических стабилизаторов.

Объектом исследования является гироскоп на сферической шарикоподшипниковой опоре серии Д7 разработки АНПП «Темп-Авиа» (г. Арзамас). При производстве гироскопа существует ряд проблем. В частности, при воздействии повышенных температур максимальная скорость управления гироскопа является величиной не постоянной (разброс максимальной скорости управления достигает 20%). При работе гироскопа в режиме датчика

угловой скорости (ДУС) снижается максимальная измеряемая угловая скорость, т.е. уменьшается диапазон измерения. Это связано с нестабильными магнитными свойствами ферритового магнитопровода электромагнитного моментного преобразователя.

Целью данной работы является повышение стабильности скорости управления гироскопа серии Д7 на сферической шарикоподшипниковой опоре при температурных воздействиях.

Для решения проблемы по обеспечению стабильности скорости управления было предложено использовать в качестве материала магнитопровода электротехническую сталь, либо комбинированное кольцо, состоящее из двух колец – ферритового внутри стального. Для определения наилучшего варианта исполнения ротора, с точки зрения стабильности коэффициента управления были проведены экспериментальные исследования.

Методика проведения эксперимента заключалась в снятии статической характеристики гироскопа при его работе в режиме ДУС в нормальных климатических условиях (НКУ), при повышенных и пониженных температурах.

Анализ полученных данных показывает, что коэффициент статической передачи гироскопа со стальным магнитопроводом более стабилен по сравнению с гироскопом с ферритовым и комбинированным магнитопроводом. Но при использовании в качестве материала магнитопровода электротехнической стали увеличивается нулевой сигнал датчика угла, что влияет на ошибку стабилизации гиросtabilизатора. При испытаниях при пониженных температурах у гироскопа со стальным магнитопроводом при больших угловых скоростях (свыше 60 °/с) наблюдалась нестабильность угловой скорости вращения ротора, чего не происходило с ферритовым и комбинированным магнитопроводом.

На основании изложенного обоснованным видится замена в гироскопе серии Д7 ферритового магнитопровода датчиков угла и момента на комбинированный в виде двух колец: ферритового и стального. Такая замена позволит повысить стабильность коэффициента статической передачи гироскопа, не ухудшив другие его качественные характеристики.

В работе по результатам исследований предложено новое конструктивное решение, позволяющее улучшить выходные характеристики гироскопа, приведены результаты экспериментов модернизированной конструкции и их анализ.

УДК 681

ХАПОВ С.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДРЕЙФА НУЛЯ ДУС-300Т ПРИ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ

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

Современные летательные аппараты оборудованы обширным комплексом приборов. Одним из важнейших является датчик угловых скоростей (ДУС), который применяется для измерения угловой скорости поворота корпуса относительно невращающейся инерциальной системы координат.

В отечественном самолетостроении наиболее широкое распространение среди ДУС получил ДУС-300Т, разработанный АО «Арзамасский приборостроительный завод имени П.И. Пландина». У данного ДУС есть один недостаток: по результатам динамических нагрузок выяснилось, что при определенных режимах работы ДУС-300Т происходит дрейф нуля.

Одна из возможных причин возникновения дрейфа нуля ДУС-300Т являются токопроводы, которые возможно не могут выдержать возникающие при ударе нагрузки.

С целью проверки данной причины возникновения дрейфа нуля для токопроводов был проведен модальный анализ в системе Ansys и определены следующие диапазоны резонансных частот – 48,383 Гц, 83,054 Гц, 112,15 Гц и 211,52 Гц.

Далее, для определения угла, при котором возникают наибольшие напряжения, провели гармонический анализ при диапазоне резонансных частот от 45 до 50 Гц по семи различным направлениям действия ускорения. Результаты гармонического анализа токопровода представлены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты гармонического анализа для токопровода

Угол	Напряжение, Па
0°	$4,2 \cdot 10^8$
51°	$1,25 \cdot 10^9$
102°	$1,34 \cdot 10^9$
153°	$9,98 \cdot 10^8$
204°	$1,80 \cdot 10^8$
255°	$7,42 \cdot 10^8$
306°	$6,17 \cdot 10^8$

Из табл. 1 видно, что максимальное напряжение возникает при действии ускорения при угле 102°, следовательно, будем задавать удар для токопровода в направлении 102°.

В результате моделирования удара в направлении 102° для токопровода максимальное напряжение равно $5,67 \cdot 10^6$ Па.

Максимальный предел текучести для золота равен $3,9 \cdot 10^7$ Па. Сравнив результат моделирования удара и максимальный предел текучести, получаем, что при ударе могут появиться напряжения, выходящие за предел текучести материала.

явиться напряжения, выходящие за предел текучести материала.

Библиографический список

1. **Вавилов, В.Д.** Интегральные датчики [Текст]: учебник / В. Д. Вавилов. Рекомендовано УМО вузов РФ по образованию в области авиации, ракетостроения и космоса в кач. учебника; НГТУ. – Н. Новгород, 2003. – 503 с.
2. **Тимошенко, С.П.** Колебания в инженерном деле [Текст]: учебник / С.П. Тимошенко, Д.Х. Янг. – М. : Машиностроение, 1985. – 472 с.
3. **Тимошенко, С.П.** Теория упругости [Текст]: [пер. с англ.] С.П. Тимошенко, Дж. Гудьер. – М. : Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука». 1975. – 576 с.
4. **Распопов, В.Я.**, Микромеханические приборы: учеб. пособие / В.Я. Распопов. М. : Машиностроение, 2007. – 400 с.

УДК 681.2

ЯКИШИН А.С.

УМЕНЬШЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ АКСЕЛЕРОМЕТРА ПРЯМОГО ИЗМЕРЕНИЯ

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

В качестве объекта исследований был выбран акселерометр прямого измерения АТ1105, производимый на ПАО АНПП «Темп-Авиа». В России есть производство аналогов данного акселерометра, но с большими габаритами при относительно идентичных характеристиках.

Основной задачей работы было повышение точности данного прибора. Для этого был разработан новый улучшенный чувствительный элемент. В качестве прототипа был взят патент, найденный на сайте «WIPMARK» под номером 2228452, отличительным его признаком является то, что рамка чувствительного элемента на участках между упорами, а также на участках между упорами и упругим подвесом имеет дополнительные изгибы, выполненные в форме меандра. При этом количество изгибов меандра равняется n при неизменном расположении мест крепления рамки чувствительного элемента к основанию и его габаритных размеров. Сам меандр выполнен с одинаковыми внешними и внутренними изгибами по всей длине при одинаковой ширине рамки и строго симметричен относительно продольной оси симметрии чувствительного элемента. Тем самым увеличивается расстояние от мест крепления упоров до упругого подвеса, при этом габаритные размеры чувствительного элемента остаются неизменными.

Чувствительность к контактным напряжениям будет определяться по формуле:

$$\frac{\sigma_{dj}}{P} = \frac{1-\nu_{[100]}^2}{y_0} \cdot \int_S \frac{dS_j}{r},$$

где y - перемещение поверхности; P - давление на контакт; r - расстояние от точки приложения сосредоточенной силы до заданного сечения; S - площадь контакта упоров; y_0 - толщина упора.

Таким образом, чувствительность конструкции к контактным напряжениям определяется площадью контакта и удаленностью места заделки упругого подвеса от силового контакта. Следовательно, исходя из приведенной формулы, снижается влияние контактных напряжений на упругий подвес, за счет чего уменьшается нестабильность смещения нуля и, как следствие, повышается точность прибора в целом.

Кроме того, выполнение рамки в форме меандра (с внутренним и внешним изгибами, т.е. равномерной по ширине по всей длине меандра) позволяет последней равномерно деформироваться от воздействия внешних факторов, а симметричное расположение – компенсировать до минимума вредные воздействия, тем самым опять же повышая точность. Суммарная погрешность будет равна 0,745%, что удовлетворяет изначальным условиям задачи.

ЭКОНОМИКА, МЕНЕДЖМЕНТ И ИННОВАЦИИ

УДК 658 (075.8)

БОБАРЫКИН А.А.

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО АУДИТА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Технологический аудит является разновидностью операционного аудита, представляет собой проверку технологических процессов, методов, приемов и процедур, используемых в организации с целью оценить их производительности и эффективности.

Как и любой другой аудит, технологический аудит обладает рядом особенностей:

- глубина детализации технико-экономического обследования напрямую зависит от тех целей, которые ставит перед аудитором владелец предприятия;
- проверка должна выполняться квалифицированными специалистами, так как любая оценка деятельности предприятия носит субъективный характер;
- алгоритм формирования исходных данных для аудита подбирается в соответствии со спецификой организации всех внутренних служб предприятия;
- выступает как системный процесс, направленный на сбор исходных данных и проведение оценки определенных объектов;
- связан с осуществлением оценки на основе выявления уровня соответствия свойств или характеристик объекта существующим критериям;
- предполагает анализ и оформление результатов оценки, их представление заинтересованным лицам.

Еще одной важной чертой специфики технологического аудита в России является то, что он проводится на основе зарубежных методик, адаптированных к реалиям российской модели экономического развития. Примером является методика Linking Innovation, Finance and Technology (LIFT), которая была разработана в рамках пятой рамочной программы Европейской Комиссии при участии корпорации INBIS (Великобритания) и была реализована в рамках проекта TESIS BISTRO «Создание элементов межрегиональной инновационной системы и апробация модели инновационного развития Сибири» [1].

1. **Пильнов, Г.** Как проводить технологический аудит / Г. Пильнов, О. Тарасова, А. Янковский // Серия методических материалов «Практические руководства для центров коммерциализации технологий» подготовлена под руководством П. Линдхольма. – URL: <https://docplayer.ru/26953352-Kak-provodit-tehnologicheskij-audit-proekt-europeaid-nauka-i-kommercializaciya-tehnologiy-2006.html>

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ФИРМЫ

Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского¹,
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева²

Способность быть востребованным и успешным на рынке, соперничать, а также обладать сильной позицией является одним из актуальных вопросов организации. Таким образом, в деятельность современных предприятий стали вводить такое понятие, как конкурентоспособность. Под конкурентоспособностью понимают способность вырабатывать и поддерживать преимущества предприятия в различных прогрессивных системах.

Существуют различные методы для оценки, а также разработки эффективных, результативных предложений по улучшению функционирования предприятия. К основным методам относятся: рассмотрение преимуществ перед другими предприятиями; соответствие компетенции качества продукции, оценка уровня монополизации отрасли, наличие барьеров для новых предприятий, появляющихся на рынке. Каждый из перечисленных методов влияет на конкурентные преимущества фирмы. Так, качество продукции повышает уровень лояльности клиентов; монополия может как устранить, так и развить свободную конкуренцию, а конкуренция, в свою очередь, дестабилизировать чье-либо превосходство. Для повышения конкурентоспособности необходимо осуществить комплекс мероприятий, таких как увеличить объем реализации продукции, улучшить качество, снизить расходы и применить бенчмаркетинг. Данные процессы приводят к улучшению разработки, изготовлению и техническому обслуживанию продукции, т.е. образованию и сохранению конкурентоспособности на всех жизненных фазах. Несомненно, в первую очередь очень важно знать специфические особенности отрасли конкретного бизнеса, на которой существует предприятие, чтобы избежать ошибочных путей дальнейшего развития предприятия.

Одним немаловажным понятием для организации после конкурентоспособности является конкурентоустойчивость. Она свидетельствует об эффективности предприятия как экономической системы во времени. Отличительная характеристика разработанной, выпускаемой продукции в первую очередь гарантирует высокую устойчивость функционирования, а также ее развитие на рынке. Следовательно, необходимо удерживать свои конкурентные преимущества в неизменном виде, или в лучшем случае в положительной динамике.

Таким образом, понятие конкурентоспособность – это комплексное понятие. Регулирование качества продукции, предложение широкого ассортимента, востребованного потребителями, введение результативных инноваций, эффективное использование ресурсов, повышение квалификации персонала оказывают значительное влияние и повышают конкурентоспособность на рынке. Соперничество за выгодные условия производства между организациями, взаимосвязь между производителями и поставщиками определяют четкие стратегии, финансово-экономические цели и критерии. С целью успешной конкурентной борьбой фирма обновляет не только технологические процессы, но и оказывает управляющее воздействие на собственную конкурентоспособность и определяет ее основные направления [1].

-
1. **Давлетгареев, Н.Р.** Пути повышения конкурентоспособности предприятий / Н.Р. Давлетгареев, Т.Б. Давлетгареева // Проблемы управления рыночной экономикой : межрегиональный сборник научных трудов. — Томск: Изд-во ТПУ, 2015. — Т. 1. — С. 76-81.

ПРОВЕДЕНИЕ АУДИТА БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время все большее распространение получил, так называемый, аудит эффективности бизнес-процессов – это совокупность мероприятий, которые направлены на анализ и поиск возможностей для улучшения определенного бизнес-процесса.

Данный вид аудита не проводят для выявления мелких и незначительных отклонений от плана организации. Его основной целью является определение уровня оперативного управления на предприятие, а также выявление путей, способных повысить эффективность тех или иных процессов.

Аудит проводят в трех случаях:

1. После разработки и внедрения документации, регламентирующей бизнес-процесс. В данном случае его проводят для проверки документов на соответствие реальной действительности, а также на соответствие текущим стандартам.
2. Плановый аудит, проводимый, согласно установленному графику, хотя бы один раз в год.
3. Внеплановый аудит, проводящийся по требованию владельца бизнес-процессов или же по требованию его вышестоящего руководства.

Во время проведения процедуры аудита необходимо собрать как можно больше достоверной и релевантной информации. Для этого проводят следующие мероприятия:

- анализ всей имеющейся документации, так или иначе, затрагивающей исследуемый бизнес-процесс;
- сбор данных о значениях и показателях процесса;
- опрос сотрудников, выполняющих изучаемый бизнес-процесс;
- опрос поставщиков и клиентов процесса;
- мониторинг за ходом выполнения процесса.

С точки зрения целей аудита, крайне важно выявить причину отклонений, которая может быть как внутренней или внешней, так и объективной или субъективной. При этом в ходе поиска важно сохранять непредвзятость насколько это возможно и рассматривать любую проблемную ситуацию с разных точек зрения.

Анализ и упорядочение собранной информации – завершающий и важнейший этап работы. На данном этапе специалисты чаще всего используют специальную форму – контрольные листы аудита бизнес-процесса. Далее этот документ отправляется основным заинтересованным лицам (заказчикам аудита) для получения обратной связи.

Помимо сбора и анализа информации в обязанности аудитора также входит разработка и оценка целесообразности предложений и рекомендаций по повышению эффективности процессов и оперативного управления.

Таким образом, конечным результатом проведенного аудита должен стать план по повышению эффективности процесса, включающий в себя:

- предложения по изменению протекания процесса;
- возможные меры по обеспечению дополнительного обучения персонала;
- меры по усовершенствованию и доработке программного обеспечения, используемого на предприятии;
- список дополнительного оборудования и программного обеспечения;
- административные распоряжения;
- предложения по поощрению персонала;

– предложения по изменению состава кадров [1].

1. Сагалович, А. Как провести аудит бизнес-процесса правильно/ А. Сагалович. - URL: https://probusiness.io/master_class/488-kak-provesti-audit-biznes-processa-pravilno.html

УДК 336.64

ОПАРИНА П.В., ФРОЛОВА М.М.

АНАЛИЗ ИСТОЧНИКОВ ФИНАНСИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Инновационный процесс напрямую связан с финансированием, т.е. с привлечением инвестиционных средств в любой сфере деятельности. Источники финансирования науки и инноваций – это первичные источники денежных средств на выполнение научных исследований и разработок и осуществление инновационной деятельности.

Финансовая обеспеченность инновационного проекта снижает риск отторжения инноваций рынком. Поэтому в системе финансирования инновационной деятельности одной из главных составляющих являются источники и инструменты.

Источниками финансирования выступают собственные, привлеченные и заемные средства организации [1]:

1. К собственным источникам финансирования относятся: чистая прибыль предприятия, амортизационные отчисления, сдача в аренду и или продажа неиспользуемых активов, налоговые льготы, неналоговые льготы (таможенные льготы, государственное поручительство, льготные тарифы оплаты коммунальных услуг), гранты, фонд развития производства.
2. К привлеченным источникам относятся: эмиссия акций, доли и паи, гранты. Гранты относятся к обоим видам источникам финансирования, поскольку несмотря на то, что средства, главным образом, выдаются безвозмездно частному лицу или организации для осуществления инновационной деятельности, часто грантом вознаграждаются исследования и разработки, в которых результаты проектов носят неопределенный характер.
3. К заемным средствам относят венчурное финансирование, лизинговое финансирование, факторное финансирование, форфейтинговое финансирование, франчайзинговое финансирование, инвестиционный налоговый кредит, банковский кредит, который, в свою очередь, подразделяется на инвестиционное кредитование и проектное кредитование, бюджетное финансирование, которое подразделяется на федеральное, региональное и местное.

На федеральных и региональных уровнях источниками финансирования являются:

1. Собственные средства бюджетов и внебюджетных фондов;
2. Привлеченные средства государственной кредитно-банковской и страховой систем;
3. Заемные средства в виде внешнего (международных заимствований) и внутреннего долга государства (государственных облигационный и прочих займов).

В целях продвижения по пути инновационного развития вместе с ростом объема инвестиций в научно-техническую базу, государству необходимо стимулировать компании и тем самым побуждать их вкладывать средства в научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы.

Выбор конкретных источников финансирования инновационной деятельности промышленных предприятий зависит от различных факторов – организационно-правовой формы организации, ее финансового состояния, доступности различных видов кредитования,

мер государственной поддержки инновационной деятельности, существующей в конкретном регионе.

1. **Алексеева, М. Б.** Анализ инновационной деятельности: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / М. Б. Алексеева, П. П. Ветренко. — М.: Издательство Юрайт, 2019. — 303 с. — URL: <https://urait.ru/bcode/433247> (дата обращения: 25.03.2020).

УДК 658.5

ПРИХУНОВА А.В.

МОДЕЛЬ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ КАЧЕСТВОМ НА ПРЕДПРИЯТИИ

¹Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Разрабатывая варианты решения управления качеством на предприятии и внедряя их, руководство данной организации направляет свои силы на создание конкурентоспособных товаров. Разработка вариантов решений в сфере управления качеством – гарант высокой производительности предприятия, динамичная подстройка под только что изменившиеся требования и залог постоянного совершенствования в данной сфере [1].

Рекомендуется разработать такую модель принятия решения при управлении качеством на предприятии [2], при которой наилучшим образом бы соотносились внутренние и внешние факторы предприятия при выборе тех или иных вариантов решений в сфере управления качеством.

Предположим, что существует некоторая проблема P в сфере управления качеством, которая детально состоит из подмножества проблем P_i – различные проявления проблемы P , связанное с разработкой, внедрением, отладкой системы менеджмента качества, тогда можно записать:

$$P_i \in P, i \in [1, 2, \dots, n].$$

Проблема существует на предприятии, которое обладает внутренними и внешними факторами, которые представляют в своем роде возможности предприятия, каждое из которых соответствует определенному состоянию:

$$F_j \in F, j \in [1, 2, \dots, m].$$

Продолжим предполагать, что для решения существующей проблемы есть множество организационно-технических мероприятий M , которые должны совершить ЛППР в настоящих условиях. Для того чтобы разрешить частную проблему P_i в условиях F_j , возможно не одно мероприятие для его решения, т.е., к примеру:

$$M_{ij} = M(P_i, F_j).$$

Следует отметить, что $M_{ij} = [m_1, m_2, \dots, m_k, \dots, m_p]$, при этом каждое из мероприятий отличается полезностью, т.е. m_k обладает полезностью $T(m_k)$ и показателем качества Q_k .

Предлагается ко всему имеющемуся ввести R – итоговое правило, которое будет отбирать из большого числа имеющихся мероприятий несколько преимущественных над остальными для сложившейся ситуации, которые будут упорядочены по полезности.

Подводя итог, обобщенная математическая модель процедуры принятия решений в системе управления качеством будет выглядеть так:

$$Y = f(P, F, M, T, Q, R).$$

Данная математическая модель в общем виде предусматривает выполнение алгоритма принятия решения в системе управления качеством, который состоит из пяти шагов. Следование данному алгоритму поможет сделать процедуру принятия решений более эффективной.

На начальном этапе происходит сбор и анализ данных о возникшей проблеме, на втором шаге рассматриваются настоящие возможности предприятия, степень готовности предприятия, после создается матрица решений «Возникновения проблемы/Возможности», далее, необходимо посчитать показатели полезности для каждого из возможных мероприятий по рекомендуемой шкале, на последнем этапе устанавливается лучшая организационно-техническая процедура за счет обозначенного решающего правила.

Рекомендуемая модель считается достаточно простой и быстрой в создании и внедрении.

Библиографический список

1. «Управление качеством продукции». ИСО 9000-9004, ИСО 8402. — М.: Изд-во стандартов, 1988.
2. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. ISO 9000:2015». – М., 2015.

УДК 338

РЯБОВ Д.Е.

ПРОБЛЕМЫ И ЗАДАЧИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ОПЕРАЦИОННОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Филиал РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИИС им. Ю.Е. Седякова»

Особенностью деятельности высокотехнологичного предприятия является мелкосерийное и единичное производство товаров и услуг по заказам сторонних организаций. Под управлением операционной производственной деятельностью понимаем целенаправленное функционирование производственного планирования для обеспечения равномерной и ритмичной работы предприятия по пути совершенствования рабочих процессов планирования, в результате осуществления которых менеджеры определяют, формулируют и количественно задают цели и пути их выполнения. Такая деятельность характеризуется высокой динамичностью потребительского рынка, что требует адекватной операционной производственной деятельности. Лидеры и их команды должны выходить на новый уровень качества работы для осуществления контроля за ходом достижения целей предприятия, проверку управленческих решений и оценку их последствий. При управлении производственной деятельностью идет упор на аналитику учета, контроля, регулирования выполнения работ в режиме реального времени, также автоматизацию рабочих процессов.

Применение автоматизированных систем управления и контроля процессов выполнения работ носит фундаментальный характер, так как при несвоевременной или частичной поставке товарно-материальных ценностей на предприятие ставится под угрозу выполнение изготовления и поставки продукции заказчику, что приводит к штрафным санкциям и снижению репутации предприятия. В настоящее время отмечается тенденция роста потребности во внедрении информационных технологий в систему планирования, операционных процессов прогнозирования, (разработки и производства), сбора отраслевой статистики, сопровождения закупочной деятельности.

При функционировании системы управления операционной деятельностью (далее - ОД) руководство и лица, ответственные за мониторинг выполнения работ на предприятии должны видеть полную картину по проводимым процедурам: формирование лимитов, заявок, цен, договоров.

Основными проблемными вопросами являются обеспечение предприятия материалами по всем процедурам, представленным на схематическом рисунке, а также средства авто-

материализованного планирования, системным программным обеспечением и управлением базами данных.



Рис. 1. Типовой процесс обеспечения материалами на предприятии (жизненный цикл от заявки до заключения договора на поставку)

Здесь представлено:

- формирование лимита (формирование ограничений денежных средств);
- ТРУ (товары (работы, услуги));
- ППЗ (планово - производственное задание);
- НМЦ (начальная (максимальная) цена).

Система управления ОД должна обеспечивать две функции, которые сейчас недостаточно автоматизированы

1. Прослеживание прохождения этапов жизненного цикла заявки на обеспечение материалами, что позволит анализировать ход выполнения работ по договору и графиков выпуска продукции по всем процедурам ОД;
2. Расчет экономического эффекта (так как при срыве графика поставки продукции заказчику - ставится под угрозу расчет по договору между сторонами).

Проблемные факторы ОД:

- недостаточная информационная база;
- узость данных о рисках;
- усиление влияния человеческого фактора на производственную и ОД (влияние лиц, принимающих решение (ЛПР)).

Задачи, требующие решения:

- разработать модель управления ОД предприятия с учетом динамичности рынка заказчиков;
- организовать сбор, анализ, обобщение и распространение лучших практик управления;
- обеспечить развитие и унификацию средств информационного обмена на предприятии;
- обеспечить актуализацию и развитие системы сбора данных для мониторинга и контроля;
- создать цифровую систему управления ОД предприятия, минимизирующую влияние человеческого фактора на всех стадиях жизненного цикла проекта.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

УДК 551

РОМАНОВ А.Д., РОМАНОВА Е.А.

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА

Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева

В последние годы в мире предпринимаются значительные меры по созданию арктических программ, включающих разработку стратегий и создание научных центров, реализуются шельфовые проекты, создаются объекты арктической морской техники, развивается транспортное арктическое сообщение. Арктика становится одним из приоритетных направлений внутренней и внешней политики стран Северной Европы, Северной Америки, Азии (Индии, Китая, Японии, Сингапура, Южной Кореи) и их объединений.

Несмотря на относительно малые размеры Северного Ледовитого океана, он оказывает сильное влияние на состояние климата Земли, являясь индикатором глобальных климатических изменений. В частности, в Арктике зафиксировано сокращение площади ледяного покрова, выразившееся в ее рекордно низких значениях в сентябре 2007г. и 2012 г. Изменчивость крупномасштабных полей дрейфа отражает изменчивость атмосферной циркуляции, а степень развития Трансарктического течения и Антициклонического круговорота определяют условия для нарастания толщины морского льда. При этом прогнозирование океанографических характеристик в Арктическом бассейне Северного Ледовитого океана представляет собой сложную задачу, требующую учета значительно большего числа физических процессов в условиях крайнего недостатка оперативной информации. Возможность применения полных моделей циркуляции океана стала реальностью благодаря развитию региональных моделей Северного Ледовитого океана. В [1] показано, что степень достоверности прогнозируемых полей в Арктическом бассейне ограничена рядом проблем, в первую очередь связанных с недостатком оперативной информации. Количество и качество имеющейся информации будет в значительной мере определять и тот технологический уровень компьютерной модели, который имеет смысл использовать в настоящее время для воспроизведения состояния северного ледовитого океана.

Ожидается, что использование групп автономных измерительных систем – приемлемый вариант для сбора достаточного количества данных для понимания, мониторинга и прогнозирования процессов, которые продолжительны во времени и имеют значительный пространственный масштаб. При этом спутниковые и береговые системы накапливают значительный объем данных для понимания процесса, а автономные подводные аппараты позволяют детализировать локальные проявления.

Работа в едином информационном пространстве (анализ спутниковых данных, наземный, корабельный и береговых станций, а также подводных гладеров) позволяет эффективнее накапливать и обрабатывать данные.

При этом ключевым отличием является применение для необитаемых подводных аппаратов энергетической установки на основе высокометаллизированного безгазового

топлива совмещенной с механизмом изменения плавучести, что дает возможность существенно увеличить подводную автономность аппарата [2].

Библиографический список

1. Моделирование обратных связей климатообразующих процессов в северном ледовитом океане / А.С. Саркисян [и др.] // Арктика: экология и экономика. 2013. – № 1 (9). – С. 012-023.
2. Разработка тепловыделяющего элемента на основе высокометаллизованного безгазового топлива / Е.А. Чернышов [и др.] // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия Машиностроение. 2015. – № 6 (105). – С. 74-81.

УДК 551.46.0

ТАЛАЛУШКИНА Л. В., КУРКИНА О.Е., КУРКИН А.А., ГИНИЯТУЛЛИН А.Р.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДИССИПАЦИИ НА ПРОЦЕСС РАСПРОСТРАНЕНИЯ БРИЗЕРА НАД ДОННЫМ УСТУПОМ В РАМКАХ УРАВНЕНИЯ ГАРДНЕРА

Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексева

Теоретическое исследование и численное моделирование бризеров в теории внутренних волн начато относительно недавно. В записях внутренних волн их довольно сложно идентифицировать, так как они трудно отличимы от линейных пакетов. Такие специфические локализованные неизлучающие волновые пакеты, как бризеры, могут существовать только при специальных конфигурациях вертикального распределения плотности жидкой среды, обеспечивающих положительный знак коэффициента кубической нелинейности в рамках уточненной слабонелинейной теории длинных волн внутри стратифицированных потоков. Простейшей конфигурацией, обеспечивающей существование бризеров, является трехслойная жидкость с определенным сочетанием толщин слоев и скачков плотности, в частности, возможны симметричные относительно полуглубины случаи. Бризеры представляют собой сложные структуры, описываемые несколькими независимыми параметрами, поэтому их динамика в неоднородной жидкой среде представляется нетривиальной и интересной. Прототипом таких структур может являться точное бризерное решение уравнения Гарднера в рамках слабонелинейной теории, поэтому в первом приближении возможно построить и проанализировать качественную картину их динамики, эволюции и трансформации в рамках расширенных моделей этого класса, учитывающих различные геофизические аспекты (горизонтальную неоднородность стратификации вод, неровности рельефа дна, эффекты диссипации).

В настоящей работе решается граничная задача с периодическими условиями по времени, в которой учитывается горизонтальная неоднородность среды, а также процессы диссипации внутренних волн (для них выделяют два основных механизма потерь энергии: горизонтальная диффузия и трение в придонном турбулентном слое по закону Шеши). Для наших расчетов была выбрана классическая безразмерная форма уравнения Гарднера, с начальным возмущением в виде бризера модифицированного уравнения Кортевега – де Вриза (до уступа трехслойная симметричная стратификация с соотношением слоев 3:4:3). Длина бризера в начальный момент времени в расчетах составляет $1/22$ от общей длины трассы распространения, а амплитуда приблизительно $1/12$ от общей глубины жидкости. Проведено численное моделирование распространения бризера над донным уступом при учете каждого из типов диссипации в отдельности, а также при их совместном учете. Уступ расположен на расстоянии приблизительно $1/3$ от начальной точки трассы, а его высота составляет $1/8$ полной глубины жидкости. Рассмотрены особенности трансформации волны, присущие процессам с этими типами диссипации. При учете горизонтальной диффузии при

распространении бризера над уступом наблюдается генерация мелкомасштабных волновых пакетов, при этом происходит сужение спектра. Учитывая трение в придонном слое по закону Шези, мы наблюдаем увеличение амплитуды бризера и расширение спектра. Необходимо отметить, что при совместном учете двух типов диссипации наблюдается сильная трансформация бризера, приводящая к его распаду.

УДК 514.7

ЮХОВА Т.В., БАГАЕВ А.В., ЮЩИНА И.В.

ОБ ОДНОМ СЕМЕЙСТВЕ САМОАФФИННЫХ МНОЖЕСТВ НА ПЛОСКОСТИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

Пусть $\{f_1, \dots, f_m\}$ — конечное семейство сжимающих преобразований n -мерного евклидова пространства R^n , $m \geq 2$. Непустое компактное множество $A \subset R^n$ называется самоподобным, если $f_1(A) \cup \dots \cup f_m(A) = A$. Согласно теореме Хатчинсона, для любого конечного семейства сжимающих отображений евклидова пространства R^n существует единственное самоподобное множество. Если самоподобное множество задается линейными преобразованиями R^n , то такое множество называется самоаффинным.

В данной работе исследуются самоаффинные множества A_α , задаваемые двумя преобразованиями комплексной плоскости $f_1(z) = \alpha \bar{z}$, $f_2(z) = \alpha(\bar{z} - 1) + 1$, $\alpha = \lambda e^{i\varphi}$, $\lambda \in (0, 1)$.

Теорема. 1) Если $\varphi = 0$, то $A_\alpha = [0, 1]$ при $\lambda \geq 1/2$ и A_α — канторово множество в отрезке $[0, 1]$ при $0 < \lambda < 1/2$. 2) Если $\varphi = \pi$, то $A_\alpha = \left[-\frac{\lambda}{1-\lambda}, \frac{1}{1-\lambda}\right]$ при $\lambda \geq 1/2$ и A_α — канторово множество в отрезке $\left[-\frac{\lambda}{1-\lambda}, \frac{1}{1-\lambda}\right]$ при $0 < \lambda < 1/2$. 3) Пусть $\varphi \notin \{0, \pi\}$. Если $\lambda \geq 1/\sqrt{2}$, то A_α — параллелограмм P_α с вершинами в точках $z_1 = 0$, $z_2 = \frac{1-\alpha}{1-\lambda^2}$, $z_3 = 1$, $z_4 = \frac{\alpha - \lambda^2}{1-\lambda^2}$. Если $0 < \lambda < 1/\sqrt{2}$, то A_α — канторово множество в параллелограмме P_α , при этом размерности Минковского и Хаусдорфа самоаффинного множества A_α совпадают и равны $\dim_M A_\alpha = \dim_H A_\alpha = -\ln 2 / \ln \lambda$.

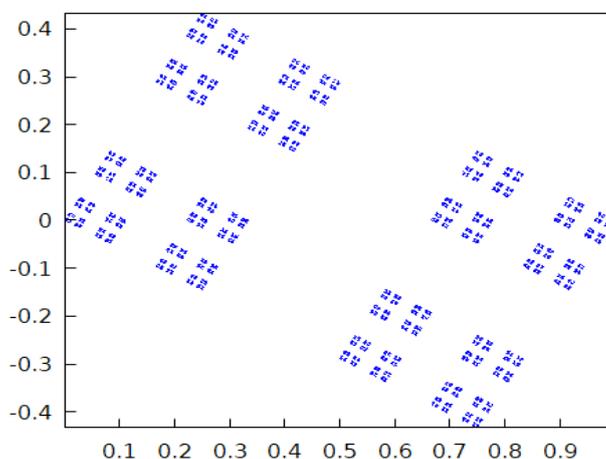


Рис. 1. Самоаффинное множество, получающееся при $\lambda = 1/\sqrt{3}$, $\varphi = \pi/6$

Пример. Пусть $\lambda = 1/\sqrt{3}$, $\varphi = \pi/6$. В этом случае самоаффинное множество A_α является канторовым множеством в параллелограмме (рис. 1). Отметим, что $\dim_M A_\alpha = \dim_H A_\alpha = \frac{2 \ln 2}{\ln 3} \approx 1,262$.

Для самоаффинного множества A_α исследован спектр обобщенных фрактальных размерностей в зависимости от параметра α .

УДК 621

ВИКУЛОВА А.И., ГУРЬЯШКИНА Н.А

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ РАЙОНОВ КРАЙНЕГО СЕВЕРА С ПОМОЩЬЮ АСММ

Средняя общеобразовательная школа № 64

Ядерная энергетика – это одна из отраслей энергетической промышленности. Понимание важности и актуальности поиска новых реакторных технологий побудило мировое сообщество к организации двух близких по духу международных проектов: ИНПРО по инициативе России и под эгидой МАГАТЭ и GIF-4(Generation IV International Forum) по инициативе и при поддержке США. Это очень важное явление в истории планеты, когда государства объединяются не в военные союзы, не для экономической выгоды, а для решения глобальных проблем – поиска перспективных энергоисточников будущего. Можно только надеяться, что факт этого сотрудничества сформирует новые отношения между государствами, учитывая их планетарные цели.

Историческая миссия ядерной энергетике, с которой она родилась 50 лет назад, остается непреходяще судьбоносной благодаря:

- энергоресурсному потенциалу, заключенному в ядерном топливе с его практически бесконечным технологическим оборотом;
- энергоэкономическому потенциалу, обеспечивающему высокую конкурентоспособность энергогенерирующего производства независимо от места расположения;
- энергоэкологическому потенциалу, реально освобождающему биосферу от продуктов "огневой" энергетике и способному надежно и безопасно справиться с остаточной радиоактивностью ядерного топливного цикла.

Россия является родиной мирного атома, мировым центром атомной науки и ядерных технологий. В эти дни, отмечая 50-летие со дня пуска первой в мире АЭС, положившей начало атомной эре, страна воздает дань глубокого уважения творцам рукотворного источника энергии.

История развития технологий XX в. дает уникальный материал для анализа. Задача специалистов-атомщиков – практически реализовать неограниченные возможности ядерной энергетике и ядерно-энергетических технологий, а также решить такие задачи, как победа над бедностью и создание условий для постоянной готовности планеты контролировать астероидную и военную опасность. Это наше будущее и объединяющая идея, которая может создать созидательный настрой, так необходимый сегодня для населения планеты.

Библиографический список

1. **Яроцкая, Л.** Малая энергетика: актуальность и необходимость // Бюлл. по атомной энергетике. 2005. – №2. – С. 12-18.
2. **Адамов, Е.О.** Роль ядерной энергетике в крупномасштабной энергетике России XXI века / Е.О. Адамов, Б.А. Габараев, В.В. Орлова // Атомная энергия. 2004. – Т.97. – Вып. 2. – С. 83-91.

ПРИРОДНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ. ОБЗОР

МБОУ «Средняя школа № 12», г. Дзержинск

Среди современных методов обработки информации наибольшую популярность набирают «природные вычисления». Возрастающая популярность природных вычислений связана с необходимостью параллельной обработки данных, с возможностью создания искусственных биологических систем и др. [1] Природные вычисления объединяют математические методы, в которых заложен принцип природных механизмов принятия решений. [2] Коллективом авторов был проведен обзор моделей природных вычислений. Данное научное направление объединяет: нейронные вычисления, муравьиные и генетические алгоритмы, эволюционное программирование.

Нейронные сети – это одно из направлений научных исследовательских работ в сфере формирования искусственного разума, основной целью которого является желание копировать нервную систему человека. В том числе, процесс самообучения и ее умение устранять ошибки. Задачи, которые решает типичная нейросеть – классификация, предсказание и распознавание. Искусственные нейронные сети используются в сферах: машинное обучение; роботехнике; компьютерных системах для решения проблемы параллельных вычислений; для разрешения сложных математических задач [3]. Нейронные сети используются: Яндекс и Google для обучения поисковых систем; в контекстной и таргетированной рекламе; автономном управлении автомобилем; голосовые ассистенты и др.

Генетический алгоритм – это эвристический алгоритм поиска, используемый для решения задач оптимизации и моделирования путем случайного подбора, комбинирования и вариации искомым параметров с использованием механизмов, аналогичных естественному отбору в природе. Отличительная особенность генетического алгоритма – акцент на использование оператора «скрещивания». Генетические алгоритмы служат, главным образом, для поиска решений в многомерных пространствах поиска [4].

Муравьиный алгоритм – один из эффективных полиномиальных алгоритмов для нахождения приближенных решений задач поиска маршрутов на графах. Суть подхода заключается в анализе и использовании модели поведения муравьев, ищущих пути от колонии до источника питания. В настоящий момент с их помощью получены хорошие результаты для оптимизации задач: раскраски графа, оптимизации сетевых графиков и др.

Проведенный обзор «природных вычислений» с последующей их классификацией позволил сформировать представления о современных методах и алгоритмах, применяемых в информационных системах для обработки информации.

Библиографический список

1. **Агеев, Е.В.** Обзор природных вычислений: основные направления и тенденции / Е.В. Агеев, Е.Н. Бендерская // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. – 2014. – № 2. – С. 9-22.
2. **Чернышев, Ю.О.** Исследование возможности применения бионических методов пчелиных колоний для реализации криптоанализа классических шифров перестановок / Ю.О. Чернышев, А.С. Сергеев, Е.О. Дубров, А.Н. Рязанов // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. – 2014. – Т. 14. – № 1.
3. **Ибрагимов, Халид** Нейронные сети [Электронный ресурс] // Студенческий научный форум – 2019 – Режим доступа: <https://scienceforum.ru/2019/article/2018016088>
4. **Глазачев, К.И.** Разработка параллельных алгоритмов глобальной оптимизации [Текст] / К.И. Глазачев, А.Н. Коварцев // Перспективные информационные технологии в научных исследованиях, проектировании и обучении. – 2012. – С. 87 – 91.

РАЗРАБОТКА ТРЕБОВАНИЙ К ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ

МБОУ г. Дзержинска

В настоящее время проблемам повышения безопасности дорожного движения уделяется повышенное внимание. Общепринятым считается, что снижение аварийности на дорогах может быть осуществлено за счет совершенствования требований к дорожной инфраструктуре, конструкции транспортных средств и совершенствованию водительских навыков. В связи с тем, что более 80% ДТП происходит в результате ошибок водителей совершенствование требований к конструкции автомобиля и состояния дороги не дает ярко выраженного результата. Однако данный факт позволяет установить, что требования как к водителям, так и к автомобилям, и к дорогам должны быть сбалансированы.

Следует отметить, что единого мнения по необходимости эффективности работы тормозной системы не имеется. Если проанализировать последние требования к эффективности работы тормозной системы, то окажется, что требования ГОСТ 51709-2001 года по данному параметру гораздо строже, чем требования ГОСТ 33997-2016, т.е. имеет место реальное снижение эффективности работы тормозной системы без какого-либо обоснования.

Согласно действующим нормативным требованиям к автомобильным дорогам, к особо опасным участкам дороги относят участки, на которых частота ДТП с материальным ущербом превышает значения показателя 1 ДТП на 50 тыс. км пробега на один автомобиль. Если же частота попадания их в ДТП превышает 1 ДТП на 10 тыс. км пробега, то особо опасными.

Автором, на основании наружного наблюдения (по количеству срабатывания стоп-сигналов») было установлено, что на 10000 км пробега автомобиль в среднем производит 250 экстренных торможений. То есть автомобиль будет считаться не опасным, если частота возникновения ДТП при экстренном торможении не будет превышать 1 на 1250 торможений.

Таким образом, автомобили,двигающиеся по дороге конструктивно (исходя из эффективности тормозной системы, управляемости, обзорности), должны обеспечивать заданный уровень безопасности.

МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК МЕТОД ПОЗНАНИЯ

МБОУ «Средняя школа № 12», г. Дзержинск

В настоящее время в основе большинства исследований, проводимых с целью получения научного знания, лежит процедура моделирования. Моделирование широко применяется в изучении как макро-, так и микрообъектов, в проведении различных исследований, процессов, явлений. [1] В современном мире моделирование применяют для широкого круга задач в различных областях человеческой деятельности.

Математическая модель – это эквивалент объекта, отражающий в математической форме важнейшие его свойства – законы, которым он подчиняется, связи, присущие составляющим его частям. Математическое моделирование – это идеальное научное знаковое формальное моделирование, при котором описание объекта осуществляется на языке математики, а исследование модели проводится с использованием тех или иных математических ме-

тодов. [2] Основная задача математического моделирования – не только исследовать эти объекты, но и предсказать результаты будущих наблюдений. Математические модели применяются при решении следующих задач: прогнозирование состояния объекта моделирования; управление физическими процессами; имитация физических процессов.

Процессное моделирование – описание деятельности предприятия в виде бизнес-процессов, непрерывных взаимосвязанных функций. Перспективность использования процессного подхода к управлению подтверждается на практике тем, что все больше успешных российских организаций используют этот подход [3]. Основной целью применения процессного моделирования является возможность улучшения показателей компании. Моделирование позволяет систематизировать информацию о проводимых операциях и об организации в целом. Последующее графическое отображение и анализ результатов моделирования, позволяет выбрать наилучшие пути развития для бизнеса.

Нейронные сети – это современный «тренд», применяемый в науке и технике. С их помощью улучшаются программы и создаются целые системы, способные автоматизировать, ускорять и помогать в работе человеку. Основная цель – научить систему самостоятельно принимать решения в сложных ситуациях так, как это делает человек [4]. Среди примеров применения нейронных сетей следует отметить: Яндекс и Google для обучения поисковых систем; в контекстной и таргетированной рекламе; автономное управление автомобилем; голосовые ассистенты и др.

Таким образом, коллективом авторов были представлены основные виды моделирования в области управления.

Библиографический список

1. **Синявская, Е.В.** Моделирование как метод познания // Вестник Сургутского государственного педагогического университета. – 2013. – С. 192 – 195.
2. **Шумилина, Н.Г.** Роль математического моделирования в процессе обучения бакалавров педагогического образования // Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: Гуманитарные и социальные науки. – 2013. – № 2 – С. 341 – 344.
3. **Попова, О.В.** Информационные технологии моделирования бизнеса при использовании процессного подхода к управлению организацией // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2015. – С. 613 – 619.
4. **Егоров, Д.К.** Нейронные сети и их применение [Электронный ресурс] / Д.К. Егоров, В.И. Негребецкая // IV Международная студенческая научная конференция междисциплинарный научный форум. – URL: <https://studconf.com/conference/2-2020/engineering/sub-222/1574/>

УДК 621.9.048.4

СВЕТЛАКОВ А.Ю., КАЛЕНОВ М.Ю.

РАЗМЕРНАЯ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННАЯ ОБРАБОТКА КОМПОНЕНТОВ СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНЫХ УСТРОЙСТВ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ

МАОУ Лицей № 38

До конца прошлого столетия электроэрозионная обработка (ЭЭО) [1] в основном применялась в инструментальном производстве. По мере развития техники, с появлением новых материалов и устройств, особенно с расширением возможностей и повышением надежности управляющих микро ЭВМ, были созданы высокопроизводительные и особо точные электроэрозионные установки [2], и существенно расширилась область применения этого способа обработки материалов, повысилась эффективность его использования в промышленности. В последние годы практическое применение ЭЭО получает в приборостроении за счет своих технологических особенностей, которые обусловлены ее физической сущностью и спецификой.

В докладе представлены основные технологические ограничения, преимущества и недостатки ЭЭО, технологические схемы обработки, а также используемые технологические возможности, применяемые при обработке элементов деталей, в частности, при изготовлении компонентов сверхвысококачественных (СВЧ) и крайне высокочастотных (КВЧ) устройств на предприятиях приборостроительной направленности.

Технические требования, предъявляемые к рабочим поверхностям компонентов СВЧ и КВЧ устройств (точность обработки – не выше 9 квалитета (несколько мкм), шероховатость обработанных поверхностей - до Ra 0,32 мкм) очень высоки [3, 4], что является сдерживающим фактором при проектировании и изготовлении данных устройств.

В качестве примера приводятся применения ЭЭО при изготовлении волноводно-щелевой антенной решетки КВЧ диапазона, в которой основные функциональные элементы выполнены с применением ЭЭО [3]: волноводные каналы, отверстия в виде щелей. В данном случае применение ЭЭО обусловлено невозможностью получения волноводных каналов большой протяженностью, щелевых отверстий в тонкостенных элементах деталей антенной решетки с необходимой точностью и качеством обработки с применением традиционных методов обработки. Второй пример – получение длинномерных отверстий малых сечений в деталях элементов СВЧ и КВЧ устройств, в частности, волноводных каналов, переходов и других элементов антенно-фидерных систем. Так, в работе [4] представлены экспериментальные результаты, которые подтверждают возможности ЭЭО для изготовления с высокой точностью и требуемой шероховатостью обработанных поверхностей глубоких (длинномерных) отверстий.

Приведенные примеры показывают, что дальнейшее развитие практического применения ЭЭО в приборостроении позволяет расширить возможности технологического обеспечения проектирования и изготовления СВЧ и КВЧ устройств.

Библиографический список

1. ГОСТ 25331-82. Обработка электроэрозионная. Термины и определения. – Введ. 1983-07-01.-М.: Госстандарт СССР: Издательство стандартов, 1982.
2. **Ставицкий, Б.И.** Из истории электроискровой обработки материалов / Б.И Ставицкий. - Харьков: ЧФ «ЦентрИнформ», 2013. - 104 с.
3. **Светлаков, Ю.А.** Технология формирования апертуры волноводно-щелевой антенной решетки / Ю.А. Светлаков, А.Ю. Седаков // Проектирование и технология электронных средств. - 2019. - №3. - С. 3-9.
4. **Гудина, Т.Л.** Электроэрозионная обработка длинномерных отверстий малых сечений в деталях элементов сверхвысококачественных устройств / Т.Л. Гудина, Ю.А Светлаков // Информационные системы и технологии: материалы XXVI Международной научно-технической конференции / НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2020. - С. 1440-1446.

УДК 621

ТРОФИМОВ Е.Т., ГУРЬЯШКИНА Н.А.

РОБОТИЗИРОВАННОЕ ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО RTS-2020

Средняя общеобразовательная школа № 64

Проблемы на дорогах – одна из главных проблем сегодняшнего дня. С ними сталкивается почти каждый из нас. Самые главные из них: аварии и пробки.

– Аварии

Каждый год в результате дорожно-транспортных происшествий (ДТП) более 10 млн чел. в мире погибают и получают ранения. Из них 20000 ДТП происходит с участием детей.

– Пробки

В последнее время парк автомобилей стал постоянно увеличиваться. Это повлекло за собой появление пробок. За один месяц водители проводят в пробках более 11ч. И с каждым

годом эта ситуация будет ухудшаться. В определенные часы (час пик) на дорогах затрудняется движение и в назначенный пункт можно попасть с опозданием.

С этими проблемами нужно бороться, для этого мы предлагаем автомобильное транспортное средство, роботизированное, способное передвигаться в полностью автоматическом режиме.

Но любая роботизированная система – это источник возможной опасности для человека, так как с определенного этапа развития роботы могут решить, что они эффективнее человека для решения задач. В этом мнении сходится большинство ученых – кибернетиков. Робот-машина обладает большими возможностями, не знает усталости, раскаяния, угрызений совести и четко следует своей программе. Поэтому наш вариант – высокая степень автоматизации технической системы, создание дружелюбной техногенной среды, где технические системы должны заменять самого человека, но способны поддерживать, подстраховать в случае необходимости. Поэтому мы предлагаем роботизированное автомобильное транспортное средство, способное работать как в режиме обычного автомобиля, так и в полностью роботизированном режиме.

С появлением подобного транспортного средства уменьшится количество ДТП, соответственно упадет и смертность населения, будет меньше пробок, следовательно, у людей появится больше времени на создание и реализацию новых возможностей.

УДК 681.518

ТУГАНОВ Р.Б., КРЮКОВ О.В.

МЕТОДЫ И ПРИБОРЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ ПРИ МОНИТОРИНГЕ В РЕЖИМЕ “ON-LINE”

МБОУ «Школа №113», г. Нижний Новгород,
ООО «Газпром ВНИИГАЗ», г. Москва

В настоящее время общий износ газопроводов и нефтепроводов в России, большинство из которых были построены в период с 60-х до 90-х годов прошлого века, достигает значительных величин. Это связано с отслоениями у трубопроводов изоляции трассового нанесения, под которыми происходит развитие коррозионных повреждений, число которых достигает нескольких тысяч на километр трубы. Однако сегодня на практике отсутствует адекватная методология для оценки глубин стресс-коррозионных трещин с применением средств неразрушающего контроля, обеспечивающая приемлемую точностью результатов. В связи с этим в процессе мониторинга трубопроводов при определении глубин указанных дефектов применяют затратные методы вышлифовки в комбинации с инструментальным ультразвуковым контролем остаточной толщины металла и оценкой параметров трещин.

Все это делает актуальным поиск оперативных методов определения геометрических размеров дефектов стресс-коррозии трубопроводов. Постоянно повышающийся уровень традиционных методов измерения, появление новых методов неразрушающего контроля открывают перспективу решения данной задачи. В докладе предложен метод наиболее достоверной оценки глубины трещин по результатам анализа передовых мировых практик и лабораторных испытаний, а также приборы для ее реализации в составе комплекса средств.

Для поиска трещиноподобных стресс-коррозионных дефектов и определения их параметров, кроме визуально измерительного контроля, в настоящее время используются:

- 1) приборы вихретокового контроля, которые отличаются быстротой проведения анализа по необработанной поверхности с минимальной погрешностью при малой стоимости и высокой чувствительности; однако они ограничены глубиной дефектов до 2-3 мм при контроле только электропроводных материалов;

- 2) приборы ультразвукового контроля, которые обеспечивают мониторинг любых материалов при хорошей выявляемости трещин и распространенностью; однако высокие требования к состоянию поверхности трубы не позволяют оценить дефекты для определенных форм, габаритов и шероховатости поверхностей труб;
- 3) средства магнитно-порошкового контроля дают эффективное и быстрое нахождение трещин, визуально наглядны и обладают высокой надежностью оборудования; однако трудности при размагничивании больших деталей, недоступность контроля в сборных соединениях, отсутствие контроля цветных металлов и некоторых сталей при низкой глубине выявления дефектов под поверхностностью ограничивают их применение;
- 4) средства капиллярного контроля дают хорошие визуально наглядные результаты и высокую надежность; однако пригодны только для нахождения поверхностных дефектов при температурных ограничениях и проблемах определения высоты (глубины) трещин;
- 5) приборы электропотенциального контроля анализируют изделия из ферромагнитных и неферромагнитных материалов с диапазоном измерений 0,2-30 мм и малым влиянием магнитных материалов даже криволинейной формы поверхности; однако определяют лишь поверхностные дефекты при температурных ограничениях при стабильности электрического контакта (зачистка до металлического блеска) с датчиком.

Для повышения точности оценки глубины дефектов трубопроводов авторами предложена новая приборная методика комплексирования вихретокового и электропотенциального методов неразрушающего контроля, которые позволяют сочетать в себе высокую производительность выполнения технологических операций по дефектоскопии, достаточную чувствительность и точность оценки при определении условных параметров дефектов стресс-коррозии. Разработан и предложен алгоритм применения комбинации данных методов при оценке глубины дефектов трубопроводов.

КОММЕРЦИАЛИЗАЦИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ (УМНИК)

УДК 661

АНДРОНОВА А.А.¹, ВОРОТЫНЦЕВ А.В.¹, КУЗЬМИН А.В.²

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ РЕКУПЕРАЦИЯ ОТРАБОТАННЫХ ОТБЕЛЬНЫХ ЗЕМЕЛЬ С ЦЕЛЬЮ ВНЕДРЕНИЯ В МАСЛОЖИРОВУЮ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева¹,
АО НМЖК, Нижний Новгород, Россия²

Отбельные земли по своей природе представляют собой бентонит, содержащий основной минерал – монтмориллонит (слоистый силикат). Отбельные земли широко используются в масложировой промышленности по всему миру, которые, в качестве сорбентов, способны обесцвечивать различные масла, путем поглощения высокомолекулярных соединений, входящих в их состав.

Сущность технологического процесса заключается в фильтрации масла через отбельную землю. Отбеливание осуществляется в специальных аппаратах, при температуре 100 - 105 °С, под вакуумом. Пористая структура минерала способствует поглощению высокомолекулярных соединений, в результате которого увеличивается «масличность» минерала до уровня 20-22%. Получается, что на каждый килограмм отбельной земли приходится 200-220 г масла, адсорбируемого в процессе рафинации. Общий расход отбельной земли при рафинации сырых растительных масел составляет 5 - 15 кг на тонну масла. В мировой масложировой промышленности рафинируется порядка 140 млн т/г, что соответствует потреблению отбельных земель в глобальных количествах - 1,4 млн т. В Российской Федерации эта цифра достигает 70 000 т/г. В связи с этим существует очевидная потребность преобразования отработанного сырья отбельных земель в коммерчески востребованные продукты (на сегодняшний день отходы утилизируются на полигонах, 4 класс опасности). Кроме того, отработанные отбельные земли имеют высокую площадь поверхности и легко самовоспламеняются.

В работе проведен широкий спектр физико-химических исследований для определения изменения структуры отбельных земель методами сканирующей и атомно-силовой микроскопии в процессе рафинации. Определены структурные характеристики (удельная поверхность BET/STSA, объем и распределение пор по размерам). Методами EGA-MS анализа установлены температуры десорбции различных высокомолекулярных соединений из объектов исследования. Кроме того, установлен состав десорбируемых масел методом хромато-масс спектрометрии.

Проведен сравнительный анализ различных методов рекуперации (экстракция растворителями, щелочная обработка, термическая обработка, действие растворами ПАВ) отработанных отбельных земель для их последующего возвращения в технологический цикл производства.

-
1. **Nwabanne, J.T.** Decolourization of Palm Oil by Nigerian Local Clay: A Study of Adsorption Isotherms and Bleaching Kinetics / J.T. Nwabanne, F.C. Ekwu // Int.JMSE multidisciplinary sciences and engineering. 2013. № 1 (4). С. 20-25.

**РАЗРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УДАЛЕНИЯ
КИСЛЫХ ГАЗОВ ИЗ ПРИРОДНОГО ГАЗА**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время традиционной технологией удаления кислых газов из потока природного газа является химическая абсорбция с применением водных растворов аминоспиртов. Несмотря на то, что этот процесс активно применяется, он имеет ряд недостатков, таких как потеря абсорбента в связи с его деградацией и образование химически активных веществ. Кроме того, этот подход характеризуется высокой энергоемкостью, обусловленной, главным образом, стадией регенерации абсорбента, и высокими капитальными затратами вследствие сложного аппаратурного оформления и больших габаритов. Повышение эффективности процесса удаления кислых газов из природного газа возможно за счет создания новых, более эффективных абсорбентов и/или разработки и оптимизации разделительных методов/процессов.

С точки зрения создания новых материалов, перспективной задачей является разработка сорбционных систем на основе аминоспиртов, имеющих в качестве компонента ионные жидкости, благодаря уникальным свойствам ИЖ, а именно: низкое значение давления насыщенных паров, термическая стабильность, высокая сорбционная емкость по отношению к кислым газам и возможность варьирования их физико-химических свойств путем подбора различных катионов и анионов или путем введения функциональных групп.

В то же время, разработка и оптимизация подходов к удалению кислых газов из природного газа на основе мембранного газоразделения позволит снизить энергозатраты и повысить экономическую эффективность производства, за счет того, что мембранные установки характеризуются низким энергопотреблением, проведением процесса без фазовых переходов, простой аппаратурного оформления и малыми габаритами. Новый гибридный метод – мембранно-абсорбционное газоразделение дает возможность проводить процесс в отсутствие фазовых переходов в объеме одного массообменного аппарата и не требует подведения или удаления тепла. Применение жидких абсорбентов позволяет повысить селективность процесса, а использование газоразделительной мембраны обеспечивает регенерацию абсорбента в стационарном непрерывном режиме.

Предлагаемый к реализации проект сочетает разработку новых абсорбционных систем (аминоспирт-ионная жидкость) с последующей экспериментальной оценкой их эффективности в задачах удаления кислых газов из природного газа методом мембранно-абсорбционного газоразделения и является перспективной и актуальной научной задачей. При этом реализация такого проекта имеет как фундаментальное значение – исследование новых абсорбционных систем с точки зрения изучения их физико-химических свойств, так и прикладное – оптимизация процесса очистки природного газа методом мембранно-абсорбционного газоразделения.

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ПОРУЧЕНИЙ И КОМПЕТЕНЦИЙ В КРАУДСОРСИНГОВЫХ ПРОЕКТАХ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Одно из направлений динамично развивающейся IT-сферы – краудсорсинг – вовлечение большого количества людей для совместной работы с использованием современных интернет-технологий в качестве среды. Принцип краудсорсинга заключается в том, что нужно реализовать возможность объединения людей, консолидированные знания и усилия которых позволяют создать продукт [1]. Пример краудсорсингового проекта – это Википедия. Один человек, даже группа ученых, не смогла бы порознь создать такую масштабную и развивающуюся интернет-энциклопедию.

Среди преимуществ краудсорсинговых проектов также – снижение затрат на инфраструктуру, питание и транспорт для привлекаемых сотрудников. Актуальность развития удаленной работы резко возрастает при таких чрезвычайных ситуациях, как эпидемии, что показала пандемия COVID-19.

В то же время, привлечение удаленных сотрудников не всегда означает их компетентности, и, как следствие, качества (результативности) работы команды. В существующих системах проектного управления (среди которых – сервисы Workle, Huddle, GoDesigner и Covisint) пока нет полноценной модели контроля поручений и управления компетенциями в распределенных командах с учетом всей специфики их организации. Эти сервисы обладают широкими возможностями, но неудобны либо сосредоточением на отдельной сфере (как Workle и GoDesigner), либо ограниченностью процедур управления компетенций, либо отсутствием русскоязычной поддержки.

Разрабатываемая система обеспечивает выполнение следующих функций (рис. 1):

- Загрузка и редактирование сведений о сотрудниках и текущих поручениях;
- Расчет мер сложности заданий и способностей исполнителей (с помощью оценки параметров модели Раша) на основе результатов предварительного тестирования сотрудников для предварительного отбора кандидатов;
- Формирование рекомендаций руководителю проекта об оптимальном распределении (назначении) поручений;
- Автоматическая корректировка начальных мер компетенций на основе обратной связи после исполнения заданий (рекуррентный алгоритм уточнения оценок параметров модели Раша).

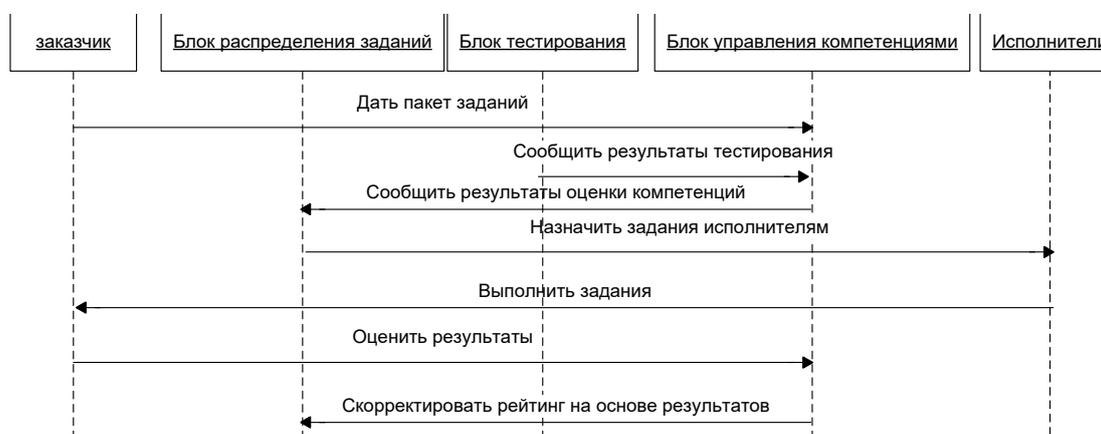


Рис. 1. UML-диаграмма последовательностей работы системы

Результаты работы применимы при создании удаленных команд и могут быть использованы при управлении компетенциями на обычных предприятиях.

1. Хау, Дж. Краудсорсинг: Коллективный разум как инструмент развития бизнеса / Джефф Хау, [пер. с англ.]. – М.: Альпина Паблишер, 2012. – 288 с.

УДК 621.337.41

БЕРДНИКОВ И.Е., СЛУЗОВ А.П., КЕЧКИН А.О., БАГРЕЦОВ И.В.

РАЗРАБОТКА МАГНИТНОГО СЕПАРАТОРА С КОМБИНИРОВАННЫМ ВАЛОМ ДЛЯ РАБОТЫ С ОТХОДАМИ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В современном мире производится огромное количество электронных устройств, которые стремительно сменяют друг друга. В связи с этим неуклонно растет количество радиоэлектронных отходов, и подобная тенденция будет только усиливаться. При этом переработка утилизированной техники представляет большой интерес – ведь выделенные цветные и черные металлы с легкостью могут быть использованы повторно для производства технически более совершенных устройств. Таким образом, разработки в данной области техники решают не только ряд экологических проблем, но и экономически выгодны.

Существует множество различных способов разделения радиоотходов на три основные фракции: черные металлы, цветные металлы и неметаллы. Одним из самых распространенных способов является магнитное сепарирование. Разделение на фракции происходит на физическом уровне, путем воздействия на исходную смесь магнитным полем. Ферромагнетики примагничиваются к постоянному магниту. Цветные металлы меняют свою траекторию движения под действием вращающегося магнитного поля. Не металлы не взаимодействуют вообще. Для повышения качества сортировки радиоотходы дробят на фракции от 0.5 до 2 мм [4].

На предприятиях, занимающихся сортировкой радиотехнических отходов, наибольшее распространение получил магнитный сепаратор конвейерного типа. Конструктивно он выполнялся двухуровневым. На первом уровне происходит выделение ферромагнетиков из исходной смеси при помощи магнитного барабана со встроенным постоянным магнитом. На втором уровне осуществляется воздействие на остающуюся часть смеси вращающимся магнитным полем, под действием которого траектория цветных металлов меняется за счет наводимой в них против ЭДС. Такой барабан представляет собой подвижный цилиндр, который удерживает транспортерную ленту, и многополюсной магнитный вал, приводимый в движение двигателем для создания вращающегося магнитного поля. Таким образом, в конструкцию двухуровневого магнитного сепаратора конвейерного типа входит три независимых электродвигателя.

На рис. 1 представлена модель разрабатываемого сепаратора. В нем в левый барабан интегрирован синхронный двигатель [1,3], а в правый индуктор. Этот вариант построения сепаратора позволяет исключить один двигатель и сразу выделять металлы из смеси, при этом их не смешивая. Такая компоновка устройства позволит уменьшить габариты устройства, ускорить сортировку и упростить электрическую схему.

Применение магнитного индуктора со специализированным контроллером [2] дает возможность генерировать вращающееся магнитное поле до 1 МГц, что позволит сократить размер выделяемых частиц и повысить качество сортировки. Сверху на специальные кронштейны устанавливается вибрационный питатель, необходимый для равномерного распределения исходной смеси по конвейерной ленте. Готовый магнитный сепаратор является настольным устройством, это делает его мобильным и открывает возможность его применения индивидуальными предпринимателями и на небольших предприятиях.

Цифро-аналоговая система управления с ЧМИ позволяет удобно и оперативно изменять такие параметры сепаратора, как заданную скорость движения ленты, направление движения, частоту вращения магнитного поля индуктора, его температуру и т.д. Для повышения надежности устройства предусмотрен ряд электронных защит.

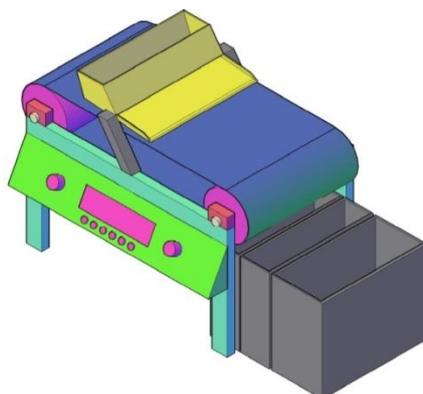


Рис. 1. Модель разрабатываемого сепаратора

В рамках программы «Умник» планируется изготовить прототип магнитного сепаратора, провести ряд исследований по влиянию переменных магнитных полей на частицы цветных металлов. Эта информация может в дальнейшем использоваться не только в технологиях переработки, но и в других областях техники. Также перспективной идеей, требующей рассмотрения, является применение синхронных двигателей в составе подобных установок. Поскольку это может значительно упростить конструкцию, при этом повысив качество сортировки.

Библиографический список

1. **Кечкин, А.О.** Разработка электропривода на базе синхронного двигателя с датчиком положения ротора. / И.Е. Бердников, А.О. Кечкин, А.П. Слuzов // Будущее технической науки: тез.докл. XVII Междунар. Молодеж. научно-техн. конф. / Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. - Нижний Новгород, 2018.
2. Интеллектуальный транзисторный инвертор напряжения для низковольтных двигателей переменного тока. / И.В. Багрецов [и др.] // Актуальные проблемы электроэнергетики: сб. ст. / Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. - Нижний Новгород, 2018.
3. Транзисторный электропривод со свойствами источника момента на базе вентильного двигателя. / А.Б. Дарьенков, [и др.]// Актуальные проблемы электроэнергетики: сб. ст. / Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. - Нижний Новгород, 2018.
4. **Коняев, И.А.** Электродинамические сепараторы с повышенной частотой магнитного поля для обработки отходов электро- и радиотехники / И.А. Коняев, Р.Ф. Талипов, Н.С. Якушев. – Екатеринбург: УрФУ. – 2015.

УДК 004

КАМЫШАН Е.А., ЕГОРОВ Ю.С.

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОВЕТУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ СТИЛИСТИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Системы поддержки принятия решений (СППР) – это интерактивные системы, используемые в управлении для помощи в принятии решений в условиях частично и слабо структурированных задач. Они имеют развитый аналитический аппарат по сравнению с управленческими информационными системами, а также включают некоторую совокупность

математических моделей. С целью реагирования на внешние изменяющиеся условия СППР в качестве входных данных используют информацию из офисных, профессиональных и транзакционных систем и систем управления, а также должны получать информацию из внешних источников [1].

В рамках разработки интеллектуальной советующей системы поддержки стилистических решений предполагается, что на основе запроса пользователя определяется его стилистический образ, информация о котором в дальнейшем будет использоваться в процессе интерактивной визуализации. Под интерактивной визуализацией понимается организация обратной связи таким образом, что предлагаемые системой советы будут актуальны для пользователя в рамках жизненной ситуации. Например, такой ситуацией можно считать собеседование соискателя на работу, когда внешний вид во многом влияет на общее впечатление и итоговый результат.

По данным компании HeadHunter 82% соискателей детально продумывают свой внешний вид перед собеседованием. Известно, что первое впечатление о человеке формируется в первые несколько секунд, а когда у рекрутера только резюме, то хорошее впечатление можно создать за счет внешнего вида. Описывая идеального соискателя, каждый третий менеджер по персоналу называл официальный стиль: костюм неяркого цвета (пиджак и брюки классического кроя) плюс строгая сорочка. Для женщин допустима юбка длиной до середины колена и сорочка с рукавом «три четверти». Обувь должна быть неброской, для женщин – обязательно закрытой, на небольшом каблуке.

С точки зрения реализации, на этапе проектирования сначала создается абстрактная модель, затем формируется одно или несколько потенциальных решений. Для сопоставления вариантов решений необходимо определить критерии сравнительной оценки этих решений. Важно, чтобы все исходные требования пользователя были учтены, а предлагаемые решения, отраженные в требованиях к стилю и предполагаемой ситуации, полностью адекватны.

Обозначим совокупность требований к характеристикам n -го компонента образа как R_{nl} , $l = 1, L_n$. При выборе решений требования R_{nl} , связанные с числовыми характеристиками y_{nl} , формализуются заданием интервалов значений в виде односторонних неравенств или либо двусторонних неравенств $y_{nl} \geq y_{Lnl}$ или $y_{nl} \leq y_{Hnl}$, либо двусторонних неравенств $y_{Lnl} \leq y_{nl} \leq y_{Hnl}$. Допустимые значения дискретных характеристик могут быть заданы равенством либо перечислением с использованием логических связок \wedge – конъюнкция и \vee – дизъюнкция. Так, способ анализа стилистических решений на основе нечеткого моделирования требований может составить основу для интеллектуальной советующей системы [2].

Библиографический список

1. Гилл, Ф. Практическая оптимизация / Ф. Гилл, У. Мюррей, М. Райт. – М. : Мир, 1985. – 509 с.
2. Formalization of software requirements for information systems using fuzzy logic / Y.S. Yegorov [et al.] // IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1015 (2018) 042062 doi:10.1088/1742-6596/1015/4/042062.

УДК 355.4

КАРАВАЕВ А.А., ЮДИН С.А., МУХИНА М.Л.

ПЛАНКА ВИВЕРА-ПИКАТИННИ ДЛЯ ОРУЖЕЙНОЙ ПЛАТФОРМЫ АК И РПК «ККПУ-1»

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В 70-е гг. прошлого века начались разработки унифицированных кронштейнов, которые устанавливаются на оружие и позволяют закреплять рукояти переноса огня, прицелы

(в том числе оптические, коллиматорные, тепловизионные, ночного видения), лазерные и инфракрасные приборы целеуказания, осветительные приборы и т.д. Комплекты модернизации индивидуального стрелкового оружия позволяют значительно увеличить эффективности ведения огня за счет улучшения эргономики, упрощения прицеливания, перезаряжания, контроля увода ствола при стрельбе. Но полный комплект подобных модулей значительно увеличивает габариты оружия, его массу и стоимость производства.

Необходимые модули подбирается исходя из конкретной боевой или спортивной задачи. На сегодняшний день наиболее популярными остаются кронштейны Вивера и Пикатинни, получившие свои названия в честь Вильяма Вивера и Государственного Арсенала Пикатинни, в г. Нью-Джерси, США.

Российская Федерация, как одна из ведущих мировых держав в сфере военных технологий, безостановочно ведет разработки новых система вооружения, в том числе и стрелкового оружия. Последний разработки нашей страны в этой сфере (АК-12, АК-15, СВЧ, АМ(Б)-17, семейство автоматов АЕК, АШ-12, АДС, РПК-16 и т.д.) имеют встроенные планки типа «Picatinny rail», что безусловно доказывает целесообразность установки подобных планок на стрелковое оружие.

Задачей данной работы является создание кронштейна для крепления оптических или иных прицелов под стандартные посадочные крепления типа «Weaver rail» (Планка Вивера) и «Picatinny rail» (Планка Пикатинни) [1], который мог бы быть установлен на уже существующие модели оружия (рис. 1). Проект относится к устройствам, позволяющим закреплять необходимые прицельные приспособления на корпусе стрелкового оружия.

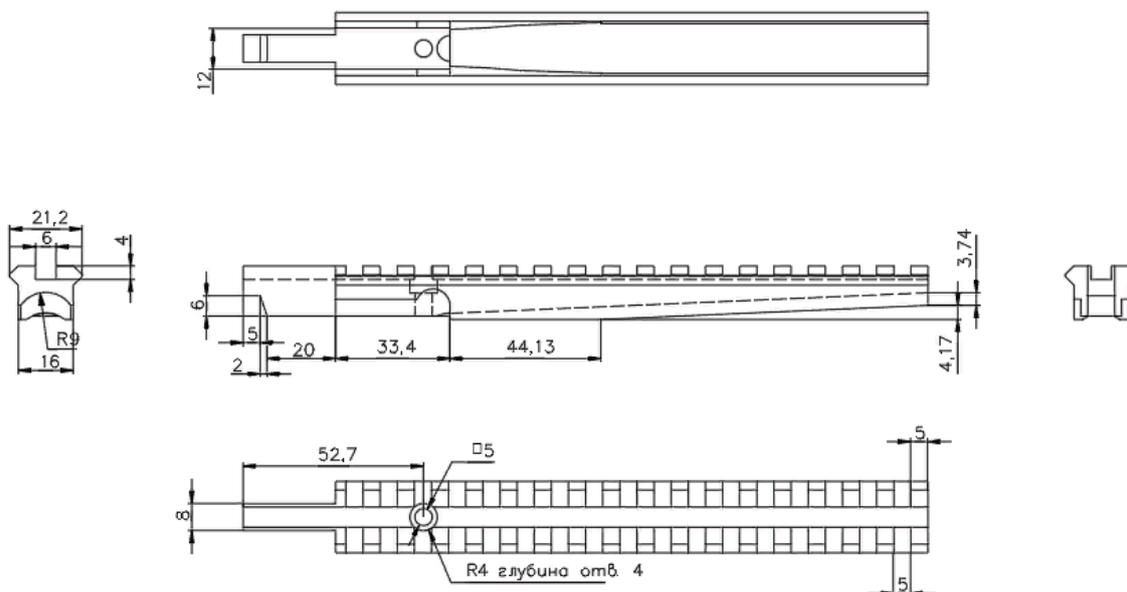


Рис. 1. Чертеж кронштейна ККПУ-1

Проект планки удовлетворяет действующему оружейном законодательству. В соответствии [2], основной боевой частью оружия колodka прицела не является и отверстие под крепление прицельной планки в ней не внесет в оружие изменений, противоречащих требованиям для гражданского оружия. Таким образом, кронштейн может быть установлен на целый ряд гражданского огнестрельного оружия.

Библиографический список

1. Стандарт MIL-STD-1913, US Army ARDEC, Picatinny Arsenal, NJ, 1995 (англ.)
2. Федеральный закон «Об оружии» от 13.12.1996 N 150-ФЗ. – М., 1996

СИСТЕМА ДИСТАНЦИОННОГО КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ МРТ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

На любой системе МРТ устанавливается наша универсальная система сбора информации. Она представляет собой систему датчиков давления по гелию, датчиков контроля температуры в контуре охлаждающей воды, датчиков давления охлаждающей воды, а также датчиков температуры системы кондиционирования помещения, где установлена система МРТ.

Датчики передают данные в постоянном режиме с частотой в одну секунду, далее вся информация собирается обрабатывающей платой с gsm-модулем, которая постоянно передает данные в массив в облаке. Если какие-либо параметры вышли из требуемых пределов, то посылается «тревожная» СМС на рабочее место оператора.

Оператор, получив сигнал, открывает массив данных с датчиков МРТ в облаке. Обработав полученные данные, он делает вывод и, если требуется, сразу связывается с техническим отделом сервисных инженеров, конкретно отвечающих за данный комплекс МРТ. После этого технический специалист выезжает на место установки МРТ и устраняет техническую проблему в самом начале развития событий. Данный цикл действий способствует большой экономии на заправке гелия, использующегося как охладитель. Также мы полностью устраняем возможную проблему перегрева МРТ, так как не доводим до состояния значимой потери хладагента.

Циклы производства укрупненно можно описать так:

1. Закупка стандартных составляющих, таких как: - датчики температур - датчики давления - плата управления с gsm-модулем.
2. Сборка данной системы.
3. Написание управляющей программы.
4. Покупка интернет-мощностей и облачных хранилищ.

При данной модели полностью отсутствует возможность стороннего манипулирования оборудованием, так как нет обратной связи на изменение параметров. Вся система является чисто информационной. Для проработки и выявления тонких мест конструкции обеспечения контроля и безопасности работы системы охлаждения МРТ, нами разработана экспериментальная установка. Максимальная величина магнитной индукции электромагнита составляет 0,85 Тл (при суммарной силе тока в обмотках электромагнита 120 А). Электромагнит состоит из центральных, наборных металлических листов в форме круга, высотой примерно 0.6 м. На данном металлическом сердечнике установлены шесть обмоток, каждая обмотка имеет систему водяного охлаждения. На магните установлены датчики температуры обмоток, датчики температуры охлаждающей воды, датчики расхода воды. Данные снимаются с определенным промежутком времени. Длительность работы магнита зависит от силы тока в обмотках магнита и ограничивается повышением температуры охлаждаемых обмоток до предельной величины, превышение которой приводит к разрушению электроизоляции проводов обмоток магнита. Увеличение индукции магнитного поля в зазоре электромагнита производится путем увеличения напряжения постоянного тока, подаваемого на обмотки электромагнита.

РАЗРАБОТКА НЕЙРОСЕТЕВОЙ ПРОЦЕДУРЫ ДЛЯ СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ И РАСПОЗНОВАНИЯ ДЕФЕКТОВ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Качество дорожного покрытия – одна из самых острых проблем современного мегаполиса. Практически каждый день водители используют личный транспорт, а пассажиры городской. Со временем дорожное покрытие изнашивается и требуется его замена, так как из-за плохой дороги происходят аварии, которые ведут к человеческим жертвам.

Разрабатываемая нейросетевая процедура предполагает на основе видеопотока, полученного с камер видеорегистратора с функцией GPS навигации, определять выбоины и ямы на дорогах, а также автомагистралях. Затем на основе GPS координат, собранная таким образом информация, будет наноситься на цифровую карту, тем самым обеспечивая информирование водителей и соответствующих служб о состоянии дорожного полотна.

Для решения данной задачи обнаружения дефектов дорожного покрытия применяются сверточные нейронные сети (СНС) с использованием сегментации [1], так как СНС не требует предварительной обработки входных данных. Сегментация позволяет выделять пиксели и подсвечивать ямы, неровности, выбоины на дорожном покрытии, что позволяет их детектировать.

Для обучения СНС будут использоваться уже готовые библиотеки, чтобы не начинать сегментацию с нуля. Предполагается выделять пиксели на каждом кадре видеоизображения, тем самым обозначая местоположение дефекта полотна. Такой метод пользуется активной популярностью, в частности, его используют для контроля качества на производстве, распознавания лиц, отпечатков пальцев, а также в медицине при поиске различных заболеваний.

Также во время нейросеть будет обучаться считывать GPS координаты, которые в дальнейшем понадобятся для наложения на цифровую карту. Обычно в видеорегистраторах на видео поверх накладываются координаты места, где находится автомобиль, поэтому такая информация доступна.

Структура сверточной нейронной сети будет включать в себя восемь слоев свертки с размером ядра 3x3 и количеством фильтров от 64 до 512, 4 слоя пулинга после каждого второго слоя свертки с выбором максимума и размером ядра 2x2, 3 полносвязных слоя с функцией Softmax в завершении сети, которая формирует вероятность принадлежности входного изображения к каждому классу эмоций. В качестве функции активации нейронов используется функция ReLU, для контроля переобучения сети применяется метод Dropout и пакетная нормализация.

В результате обучения предполагается получить модель, способную определять дефекты дорожного покрытия с координатами их местоположения, также в работе будут использоваться дополнительные данные, не требующиеся в процессе обучения, но необходимые для получения требуемого результата.

Таким образом, обученная нейросеть позволит определить дефект дорожного полотна, а также географические координаты его обнаружения для нанесения на цифровую карту. В процессе работы предполагается использовать API сервиса «Яндекс. Карты», чтобы с помощью маркеров наносить метки на цифровую карту.

Результаты работы могут быть использованы для информирования водителей о состоянии дороги для обеспечения возможности выбора оптимального маршрута передвижения, а также соответствующих служб о необходимости ремонта дорожного полотна в том или ином районе города или области.

1. Шапиро, Л. Компьютерное зрение / Л. Шапиро, Дж. Стокман. – М: БИНОМ, 2006. – 752 с.

ИНДИВИДУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УСКОРЕННОГО ИЗЛЕЧЕНИЯ ОЖГОВЫХ РАН

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время проблема ожоговых ран представляет собой глобальный вопрос в области медицины, а их лечение сложный и многоплановый процесс. В связи с этим мы начали свое исследование в области ожоговой реабилитации и планируем создать аппарат, объединяющий в себе такие функции, как инфузионно-трансфузионную терапию, коррекцию катаболических процессов и иммунодепрессии, профилактику инфекционных осложнений и генерализации инфекции. Данная система позволит протекать лечению более быстро и комфортно.

Работа системы основана на комплексном подходе к лечению пораженного участка тела. Система состоит из двух частей: блока обработки обожженного участка и подкатной системы.

Блок обработки обожженного участка (рис.1) создает внутри себя среду с благоприятным микроклиматом для ускоренного заживления ран. Это достигается благодаря воздействию ИК излучения частотой 800-1200 нм, а также возможностью подвода лекарственных препаратов, которые несут антибактериальный и анальгетический эффекты. Под действием ИК излучения повышается сосудистая и тканевая проницаемость, фагоцитарная активность и миграция лейкоцитов, а также уменьшается болевая чувствительность. Диапазон частот выбран таким образом, чтобы обеспечить максимум поглощения кожей данного вида электромагнитной энергии. Проточная система очищает поверхность пораженного участка кожи от частиц мертвой ткани, после чего идет медикаментозное воздействие.



Рис. 1. Блок обработки обожженного участка

Система способна обеспечить защиту поверхности раны от механических повреждений, инфекций и загрязнений, проведение физиотерапевтических процедур, контроль состояния раны и параметров газовой среды внутри корпуса устройства при сохранении подвижности пациента в ходе длительных процедур, обеспечить возможность наблюдения удаленным от пациента врачом физических параметров газовой среды внутри корпуса устройства, температуры поверхности раны, визуального контроля ее состояния, дистанционный контроль и регулировку режимов физиотерапевтических процедур.

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ПЕРЕРАБОТКИ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ – БУТЫЛОК ИЗ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА – В ФИЛАМЕНТ ДЛЯ 3D-ПРИНТЕРА

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

Согласно статистике, в крупном городе один человек выкидывает каждый год около 300 кг мусора, среди которого треть занимает полиэтиленовая тара (в основном бутылки из полиэтилентерефталата, иначе, ПЭТ-бутылки), что создает экологическую угрозу для окружающей среды. Остро встает вопрос утилизации такой пластиковой тары.

Эффективное решение данной проблемы в наши дни стало возможным благодаря бурному развитию принтеров для объемной печати – 3D-принтеров, увеличивающиеся объемы выпуска которых привели к приемлемому снижению их стоимости, что позволило приобретать их не только крупным компаниям, но и для личных нужд.

При эксплуатации 3D-принтеров возникает следующая практическая задача: снабжение расходным материалом – пластиком для печати (филаментом), который стоит достаточно дорого. Идея решения обеих проблем, которые в данном случае не являются противоречащими друг другу, состоит в организации производства филамента в бытовых условиях, причем наилучшим материалом для реализации этой идеи как раз и являются ПЭТ-бутылки. Таким образом, решение указанных проблем перетекает в техническую плоскость – создание устройства переработки вторичного сырья в виде бутылок из полиэтилентерефталата в филамент для 3D-принтера.

Из анализа технической литературы выявлено два способа работы с указанным пластиком [1].

Согласно первому способу, пластик подается в нагревательный элемент в виде непрерывной ленты.

Второй способ – раздробленный пластик, прошедший термическую обработку, засыпается в специальный контейнер, откуда с помощью шнека доставляется до нагревательного элемента.

По результатам анализа обоих способов было принято решение разработать специальную конструкцию устройства с подачей пластика в виде ленты небольшой ширины.

Алгоритм работы устройства состоит в следующем.

1. Фиксация бутылки на станке.
2. Пропускание ленты через нагревательный элемент.
3. Охлаждение.
4. Накрутка готового филамента на бобину.
5. Спайка нескольких кусков филамента при необходимости.

В докладе представлены конструктивная схема разрабатываемого устройства, технико-финансовое обоснование разработки.

Таким образом, разработка и производство устройства для переработки ПЭТ-бутылок в пригодный пластик для 3D-принтера позволит решить следующие задачи:

- улучшить экологическую обстановку;
- производить печать на 3D-принтере с наименьшими финансовыми затратами.

1. **Ким, В.С.** Теория и практика экструзии полимеров //«Химия», «КолосС». М., 2005. – С. 57-60.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОМОЩИ ВЫБОРА АВТОМОБИЛЯ С СИСТЕМАМИ АКТИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПО ПРИОРИТЕТАМ ПОТРЕБИТЕЛЯ

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева

Разнообразие марок, моделей и конфигураций автомобилей породило проблему выбора оптимального решения для потребителей, не являющихся экспертами в области автомобилестроения и области безопасности дорожного движения.

Разрабатывается программный продукт, использующий методы многокритериальной оценки в определении оптимальной комплектации автомобиля для экономии времени потребителя, не являющегося экспертом в области автомобилестроения и БДД [1].

Необходимостью разработки программы для оптимизации процесса подбора автомобиля является неосведомленность потребителей о технических возможностях систем активной безопасности, а также необходимость повышения уровня безопасности дорожного движения за счет использования интеллектуальных систем активной безопасности, которые в обязательном порядке будут рекомендоваться к установке [2].

Для упрощения поиска автомобиля были разработаны сервисы, такие как Авито.ру, am.ru, auto.ru. Сервисы обладают большим охватом аудитории, так как существуют достаточно давно и хорошо разрекламированы. Но у них есть существенные недостатки.

Поисковые сервисы не могут учесть потребности каждого потребителя, предлагая уже готовые решения (готовые автомобили, уже бывшие в эксплуатации). Поиск оптимального решения чаще всего ограничен маркой автомобиля, характеристиками двигателя, вида коробки передач, возраста автомобиля и иных не самых существенных признаков. Наличие систем активной или пассивной безопасности не учитывается. База данных ограничена теми моделями, которые были загружены пользователями ресурсов.

Предлагаемое решение устраняет данные недостатки. Разрабатываемый продукт подразумевает поиск как минимум по трем основным критериям:

1. Безопасность – параметр, отвечающий за количество и эффективность систем активной и пассивной безопасности;
2. Комфорт – параметр, отвечающий за количество и эффективность систем, облегчающих управление автомобилем;
3. Цена – параметр, отвечающий за ценовую категорию автомобиля.

Формируемая база данных учитывает все возможные модели и комплектации самых популярных марок. Применение данного программного продукта нацелено не на широкую аудиторию, а на автосалоны, дилерские центры автомобилей, которые сами будут использовать данную программу для улучшения продаж.

Библиографический список

1. Исследование активной безопасности автомобиля с применением методов многокритериальной оценки / А.И. Марковнина [и др.] // Journal of Advanced Research in Technical Science. – Seattle, USA: SRC MS, AmazonKDP. – 2019. – Issue 16. – 126 p. ISSN 2474-5901. – С. 114-117.
2. **Марковнина, А.И.** Применение методов многокритериальной оценки в исследовании безопасности дорожного движения / А.И. Марковнина, В.С. Макаров, В.В. Беляков // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 819 (2020) 012003 doi:10.1088/1757-899X/819/1/012003

РАЗРАБОТКА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТЕРЖНЕВОЙ АНТЕННЫ С ДИАГРАММОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ, УПРАВЛЯЕМОЙ ЧАСТОТОЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Круглый открытый диэлектрический волновод (ДВ) является одной из широко используемых открытых электродинамических направляющих структур СВЧ и КВЧ диапазонов волн. В большинстве работ, посвященных его исследованию, он рассматривался в основном как структура, направляющая поверхностные волны (основной тип волн, на которых осуществляется перенос энергии), поля которых экспоненциально убывают в радиальном направлении [1]. Однако в настоящее время в мире проявляется значительный интерес к устройствам, работающим на вытекающих волнах, дисперсионные характеристики которых являются продолжениями характеристик поверхностных волн ДВ на частотах ниже критических последних.

Одним из таких устройств является диэлектрическая стержневая антенна, для которой предложена следующая конструкция (рис. 1): 1 – металлический стержень; 2 – круглый экранированный волновод; 3 – диэлектрический стержень (относительная диэлектрическая проницаемость $\varepsilon = 2,1$); 4 – коаксиальный кабель 50 Ом. В интервале L_1 вдоль оси z конструкция представляет собой круглый коаксиальный волновод, в интервале L_2 – круглый экранированный двухслойный волновод, а на участке L_3 – круглый открытый ДВ.

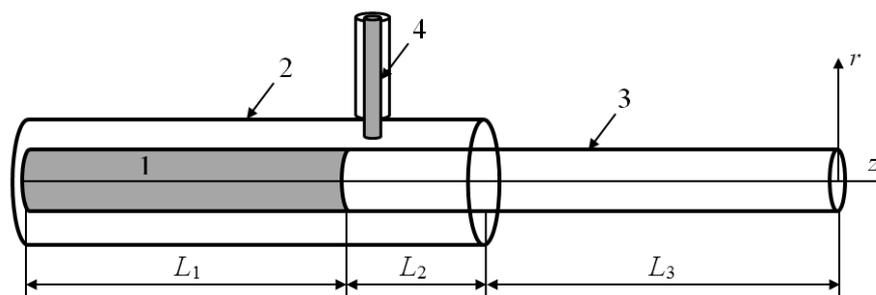


Рис.1. Конструкция антенны

В диапазоне существования симметричной вытекающей волны E_{01} круглого открытого ДВ (6-7 ГГц) для возбуждения антенны используется коаксиальный волновод. При этом антенна имеет максимум диаграммы направленности (ДН) в радиальном направлении, а излучение в направлении оси диэлектрического стержня практически отсутствует, что показали проведенные исследования [2].

На частотах 8-10 ГГц для возбуждения антенны используется коаксиальный кабель. Основное влияние на ДН начинает оказывать поверхностная волна HE_{11} , что выражается в изменении направления излучения, максимум ДН в данном случае расположен в направлении оси диэлектрического стержня.

Размеры элементов антенны подобраны таким образом, чтобы в диапазоне существования вытекающей волны E_{01} круглого открытого ДВ влияние основной волны HE_{11} и волн высшего типа на структуру электрического поля было минимальным.

Библиографический список

1. Раевский, А.С. Комплексные волны / А.С. Раевский, С.Б. Раевский. – М. : Радиотехник, 2010. – 223 с.
2. Experimental studies of the E_{01} leaky wave characteristics in a round dielectric rod / V.A. Malakhov [et al.] // ITM Web of Conferences. – 2019. – V. 30. – № 11003.

СИНТЕЗ ОКСИДА ГАЛЛИЯ МЕТОДОМ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время разработка фундаментальных научных и технологических основ получения современных полупроводниковых материалов на основе оксида галлия является одной из наиболее востребованных и перспективных задач. В данной работе разработан принципиально новый метод плазмохимического осаждения из газовой фазы (PECVD) для синтеза тонких пленок и роста эпитаксиальных слоев Ga_2O_3 из элементарного высокочистого Ga в сложных газовых плазмообразующих смесях типа (аргон-кислород-галоген), (аргон-кислород) и (водород-кислород) избегая, тем самым, сложных металлоорганических реакций, обычно используемых в традиционных CVD-процессах, для достижения наилучшей чистоты и, в конечном итоге, наибольшей подвижности электронов в материале. Предлагаемый технологический подход является экономически эффективным и масштабируемым. Схема установки представлена на рис. 1.

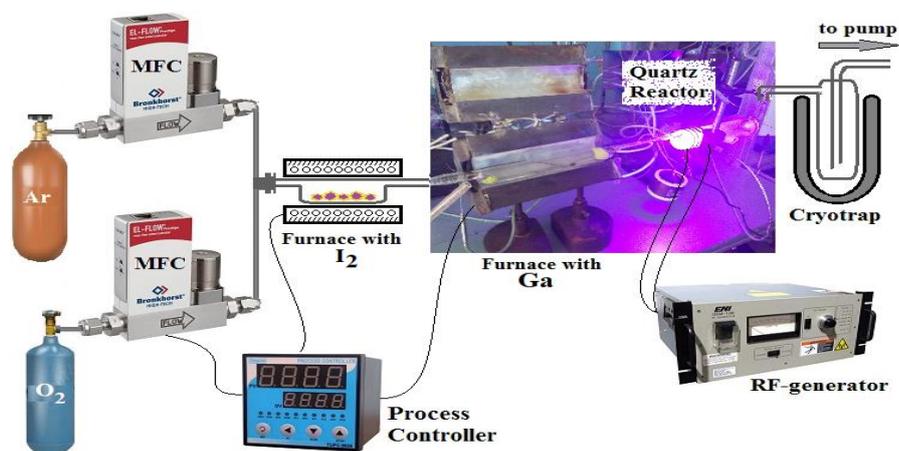


Рис. 1. Принципиальная схема плазмохимической установки синтеза Ga_2O_3

Металлический галлий загружали в трубчатые печи, оснащенные внешними нагревательными элементами и термопарами для контроля температуры. В качестве плазмообразующих газов использовали аргон, кислород и водород высокой чистоты. Система подачи позволяла с высокой точностью регулировать состав газовой смеси. Полученный материал был охарактеризован различными аналитическими методами, подтверждающими его высокое качество.

**УСТОЙЧИВОСТЬ АЛГОРИТМОВ ПРИ РАБОТЕ
С ВЕЩЕСТВЕННЫМИ ТИПАМИ ДАННЫХ**

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

Научно-технический прогресс вызвал бурное развитие методов компьютерного моделирования. В инженерных приложениях строгие математические методы позволяют с доста-

точной точностью определять важные характеристики объекта исследования. Тем не менее, математические модели реального мира сложны и зачастую не допускают аналитического решения [1], поэтому важной составляющей любой инженерной методики является аппарат вычислительной математики.

Схемы расчета всегда обладают определенным порядком точности. С другой стороны, средства программирования являются воплощением математических методов, а это значит, что необходимо учитывать архитектуру ЭВМ, для которой создается программное обеспечение. Следует всегда помнить, что вычисления с плавающей точкой всегда сопряжены с риском потери точности ввиду особенностей представления вещественного типа данных в ЭВМ. Одним из таких стандартов является стандарт представления вещественных чисел IEEE 754 [2]. Данный стандарт настолько популярен, что он встречается в подавляющем большинстве аппаратных реализаций (CPU и GPU).

На практике погрешности вычислений на ЭВМ не превышают машинную точность и они пренебрежимо малы по отношению к методическим погрешностям. Тем не менее, это не всегда означает абсолютную корректность получаемого ответа. Рассмотренный в данной работе пример описывает «слабые места» машинного представления вещественных чисел. Данная статья является продолжением работы [3] и посвящена исследованию причин вычислительных погрешностей, обусловленных стандартом IEEE 754, на примере рекуррентного соотношения Мюллера [4]. В работе представлен анализ неустойчивости алгоритма и обсуждаются подходы программирования, нивелирующие неустойчивость вычислительного процесса. Рассматриваются реализации рекуррентного соотношения Мюллера в популярных пакетах программ математических вычислений. Приводятся предложения, которые будут полезны как для начинающих программистов, так и для опытных разработчиков программного обеспечения.

Библиографический список

1. 754-2008 - IEEE Standard for Floating-Point Arithmetic [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://ieeexplore.ieee.org/document/4610935>
2. How Fultile are Mindless Assessments of Roundoff in Floating-Point Computation [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://people.eecs.berkeley.edu/~wkahan/Mindless.pdf>
3. **Саразова, Е.М.** Устойчивость алгоритмов при работе с вещественными типами данных / Е.М. Саразова, А.Б. Лазарева // Наука молодых: сборник научных статей по материалам XII Всероссийской научно-практической конференции. – Электрон. дан. – Н. Новгород: Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева, 2020. – 1401 с.
4. How Fultile are Mindless Assessments of Roundoff in Floating-Point Computation [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://people.eecs.berkeley.edu/~wkahan/Mindless.pdf>

УДК 66.081.6-278

СМОРОДИН К.А., АТЛАСКИН А.А., КРЮЧКОВ С.С., МОХНАЧЕВ Н.А.,
ВОРОТЫНЦЕВ И.В.

РАЗРАБОТКА УНИВЕРСАЛЬНОГО АНАЛИТИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОНИЦАЕМОСТИ УВЛАЖНЕННЫХ СМЕСЕЙ ГАЗОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОНЛАЙН-МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

В задачах очистки природного и биогаза, а также выделения CO_2 из топочных газов ТЭЦ, мощностей традиционных методов со временем становится недостаточно. Данная проблема приобретает все большую актуальность и ведутся разработки более совершенных, экономичных и экологических технологий. Все больше внимания уделяется технологическим решениям, основанным на мембранном газоразделении. Проблемы выделения CO_2 из топоч-

ных газов ТЭЦ и разделения углеводородов (разделение парафинов и олефинов) стимулируют разработку новых более совершенных полимерных материалов с повышенной проницаемостью и селективностью, что так же продвигает разработку высокоточных методов изучения их газотранспортных свойств.

Процесс массопереноса в полимерных мембранах описывается механизмом растворения-диффузии. Наиболее распространенным подходом к изучению их транспортных свойств является метод «time-lag». Данный метод позволяет определять коэффициенты проницаемости и диффузии в рамках одного эксперимента и рассчитывать коэффициент растворимости.

Целью настоящей работы является разработка и оптимизация метода и стенда для изучения газотранспортных свойств различных полимерных образцов в присутствии паров воды основанного на in-situ масс-спектрометрии. Данный подход позволит проводить оценку поведения мембраны при переходных процессах, отслеживая накопления проникших компонентов в подмембранное пространство используя детектор масс-спектрометра в режиме реального времени с необходимой частотой детектирования. Метод позволяет определять коэффициенты проницаемости и диффузии для многокомпонентных систем независимо для каждого конкретного газа смеси.

В рамках настоящего исследования был разработан лабораторный экспериментальный стенд, предусматривающий возможность измерения газотранспортных характеристик в двух режимах: в вакуумном режиме и с продувкой полости низкого давления мембранного модуля специальным газом. К ключевым элементам установки стоит отнести измеритель влажности газов и масс-спектрометр GCMS-QP2010, в детектор которого компоненты из подмембранного пространства попадают напрямую, что в свою очередь позволяет измерять коэффициенты проницаемости и диффузии в реальном времени. Увлажнение газа происходит в термостатированном барботере, а измерение влажности газа происходит с помощью измерителя влажности газа ИВГ-1 К-П.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект № 18-19-00453.

УДК.681.518

ХУДЯКОВ И.С., ВОРОШИЛОВ А.А.

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И СБОРА БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Одной из наиболее актуальных областей развития, как в России, так и в Нижегородской области, является переработка и хранение бытовых отходов, а также внедрение программы «Умный город».

В настоящее время в Нижегородской области остро стоит вопрос утилизации твердых бытовых отходов (ТБО), и проблема возникновения несанкционированных свалок из-за отсутствия контроля за объемом вывозимого мусора. На сегодняшний день вывоз ТБО выполняется в соответствии с план-графиком предприятия, осуществляющего коммунальные услуги. Данный подход не позволяет прокладывать оптимальные маршруты спецтехники и осуществлять своевременный вывоз ТБО.

В рамках реализации данного проекта планируется разработать портативный датчик заполнения мусорных контейнеров, с возможностью его установки на уже используемые стандартные мусорные контейнеры. Каждый датчик будет передавать сигнал о заполнении контейнера на центральный сервер с помощью встроенного модуля связи. К информации, передаваемой на центральный сервер, будет организован публичный доступ. Такой подход позволит осуществлять контроль за транспортировкой ТБО до места захоронения (переработки), тем самым исключая несанкционированные захоронения ТБО.

Основным преимуществом предлагаемого проекта является то, что он подразумевает модернизацию уже существующих контейнеров, вместо закупки новых, что обеспечивает существенную экономическую выгоду.

В США и странах ЕС уже несколько лет активно используются «умные» мусорные контейнеры для оптимизации графика работы и снижения эксплуатационных расходов коммунальных служб. Крупнейшими компаниями, занимавшимися разработкой «умных» мусорных контейнеров, являются BigBelly, Bin-e, Compology. Стоимость представленных на рынке решений от этих компаний варьируется от 800 до 4000\$.

На данный момент в Российской Федерации в рамках реализации проекта «Умный город. Цифровой регион» и национального проекта «Экология» аналогичные решения предлагает холдинг «Росэлектроника», входящий в структуру «Ростеха». Также схожие решения предлагает компания «Эттон Групп». Данные мусорные контейнеры планируется устанавливать в Москве, Казани и Санкт-Петербурге. Финальная стоимость предлагаемых решений от этих компаний на данный момент не разглашается.

Цена одного датчиков, без модуля связи и источника питания, для заполнения контейнера от компании Maxbotix составляет около 8000 руб. А со всеми необходимыми средствами связи и питания итоговая стоимость будет сопоставима со стоимостью самого контейнера.

По экспертной оценке, АО «Росэлектроника» применение подобной системы позволит снизить эксплуатационные расходы коммунальных служб, а также вовремя оповестит о вандалах или пожаре.

На основе разработанных решений представленного проекта аппаратно-программного комплекса планируется провести модернизацию существующей коммунальной системы.

УДК 537.31

ШУВАЛОВА Ю.Н., ВОРОШИЛОВ А.А., ХУДЯКОВ И.С.,

РАЗРАБОТКА АКТИВНО-АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕНЕРИРУЮЩИХ МОЩНОСТЕЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Актуальной задачей для повышения энергонезависимости регионов является развитие энергетической инфраструктуры и повышение энергоэффективности местных источников.

На сегодняшний день одним из перспективных направлений развития местных энергоисточников является применение объектов микрогенерации в том числе на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Предполагается, что увеличение числа малых генерирующих объектов и их интеграция в существующий электротехнический комплекс позволит повысить надежность электроснабжения, снизить потери электроэнергии на транспорт, повысить маневренность электроэнергетических систем и понизить себестоимость производства электрической энергии.

На законодательном уровне принят Федеральный закон № 35-ФЗ «Об электроэнергетике», дающий возможность для развития малых генерирующих мощностей. Однако эффективное использование распределенных источников энергии невозможно без построения активно-адаптивной системы (smart-, micro- grid), объединяющей потребителей и генерирующие мощности, которая позволяет им постоянно взаимодействовать между собой. Учитывая стохастический характер выработки электроэнергии объектами распределенной генерации, актуальным направлением разработки является точное прогнозирование электропотребления.

Проект предполагает разработку аппаратно-программного комплекса сбора и обработки информации об объектах потребления и генерации. Предлагаемые решения подразумевают модернизацию электротехнической инфраструктуры Нижегородской области за счет

применения модулей, позволяющих осуществлять сбор информации и управление элементами сети. Информация, получаемая при помощи данного оборудования, позволит прогнозировать нагрузки и соответственно эффективно управлять элементами микросети, что окажет благотворное влияние на себестоимости производимой электрической энергии.

Рынок технологий активно-адаптивных систем электроэнергетики в мире находится на этапе становления. Производством оборудования для «умных» сетей занимается множество компаний (Хевел, Солнечный ветер, ЛМВ Ветроэнергетика, Агрегат-Привод, Микро-АРТ, Siemens, АВВ и др.). Однако решения данных производителей ограничиваются лишь системами активного управления генерирующим устройством либо предлагаются решения для управления крупными энергетическими комплексами большой мощности, что не вписывается в концепцию распределенной генерации, мощность генераторов которой ограничена 15-30 кВт.

Программная часть предлагаемого продукта для данной производственной сферы является уникальной, так как на основе информации, получаемой от внешних устройств, предполагается самообучение программы и корреляция оптимальных параметров в автоматическом режиме.

В виде конечного продукта будет выступать линейка устройств сбора и передачи информации о параметрах электрической сети в режиме реального времени и ПО, позволяющее обрабатывать полученную от устройств информацию.

На основе разработанных продуктов будут предложены комплексные решения для построения активно-адаптивных систем разного масштаба.

-
1. **Крылов, В.В.** Большие данные и их приложения в электроэнергетике от бизнес-аналитики до виртуальных электростанций / В.В. Крылов, С.В. Крылов. – М. : Нобель Пресс, 2014.

УДК 537.31

ШУВАЛОВА Ю.Н., ВОРОШИЛОВ А.А., ХУДЯКОВ И.С.

РАЗРАБОТКА МОДУЛЬНЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Более 70% нашей страны расположено в изолированных районах, в которых нет централизованных энергосетей, поэтому энергетика этих регионов ориентируется на распределенную генерацию [1]. Принятие Федерального закона РФ № 581324-7 "О внесении изменений в Федеральный закон "Об электроэнергетике" [2] в части развития микрогенерации" позволяет расширить круг участников энергетического рынка и увеличить величину мощности, вырабатываемой объектами распределенной генерации.

В основном на территории России распространены объекты распределенной генерации, основанные на газотурбинной технологии, скорость развития которых самая высокая на рынке энергетического оборудования [1]. Также на сегодняшний день становится актуальным внедрение электростанций на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ), в частности, солнечных и ветровых станций. Совместное использование традиционных и возобновляемых источников электроэнергии позволяет снизить потребление органического топлива, обеспечить аккумулирование энергии и обеспечить бесперебойное энергоснабжение.

Большинство находящихся в эксплуатации и предлагаемых на рынке автономных энергетических систем, использующих ВИЭ, являются готовыми изделиями, не допускающими возможности расширения их возможностей и наращивания мощностей за счет подключения новых генерирующих источников.

Данный проект рассматривает создание модульных гибридных электростанций в качестве одного из вариантов решения проблемы энергообеспечения районов с децентрализо-

ванным энергоснабжением, а также в районах с аварийными ситуациями. Такие системы обладают рядом преимуществ:

- сокращают время проектирования и строительства генерирующего объекта;
- дают возможность увеличения или уменьшения установленной мощности при включении и исключении подобных модулей при параллельной работе;
- позволяют сократить время на техническое обслуживание и устранение поломок, поскольку неисправные модули заменяются на рабочие.

Проект предлагает создание линейки модульных станций различных мощностей для обеспечения автономного энергоснабжения регионов. Особенностью данного проекта является то, что состав модульной станции будет определяться внешними параметрами (география региона, энергетический потенциал, температура и т.п.), а также задачами, для которых предполагается использование такой станции. Большим преимуществом является то, что в случае аварии или модернизации оборудования будет возможна быстрая замена элемента станции (генератора, подстанции или аппаратного оборудования) или полностью всего модуля.

Выполнение проекта подразумевает исследование энергетического потенциала каждого региона России и определение минимального оборудования для каждого из них.

Библиографический список

1. Распределенная энергетика в России: потенциал развития/ А. Хохлов [и др.]. - М. : Энергетический центр Московской школы управления СКОЛКОВО, 2018.
2. Федеральный закон Российской Федерации "О внесении изменений в Федеральный закон "Об электроэнергетике" в части развития микрогенерации". М., 2020.

УДК 539.3

ЩЕГЛЕТОВ К.А., КОШЕЛЕВ А.В., ЯМПУРИН Н.П., ПЛАТОНОВ А.В.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ОБЪЕКТОВ

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

Имитационное моделирование при исследовании производственных систем, технологических процессов и изделий находит широкое применение. Данный способ программных расчетов применим, когда база данных расчетной программы не имеет сведений по свойствам сложного по конструкции элемента исследуемого изделия. Принципы построения имитационных моделей с использованием программной системы Techomatix Plant Simulation показаны, например, в работе [1]. Представленная методика имитационного моделирования приемлема для расчета параметров производственного участка, не может быть применена для программного проектирования изделий машиностроения.

В работе [2] представлена методика имитационного моделирования на примере расчета прочности подшипниковых узлов, используемых в поворотных и вращающихся устройствах, таких как передвижные антенны. Концепция рекомендуемой методики основана на замене реальной модели подшипника качения на виртуальный имитатор в виде пары колес.

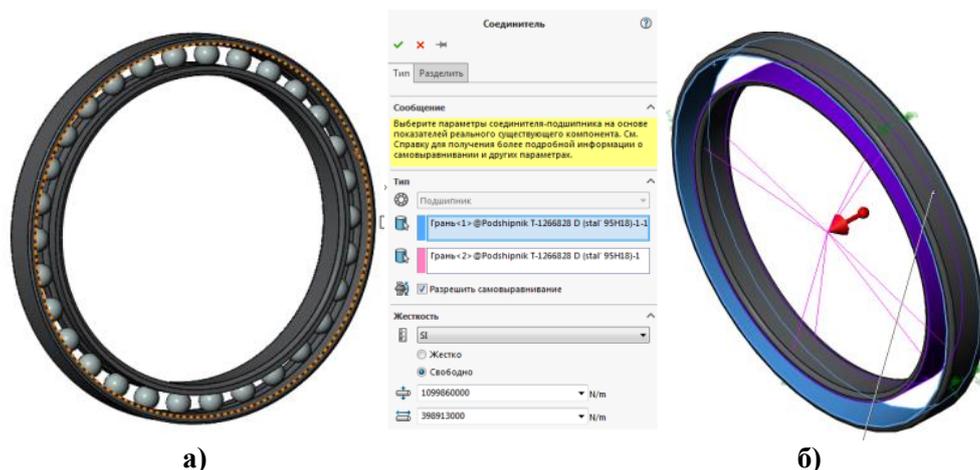


Рис. 1. Замена модели реального подшипника качения на имитационную модель «соединитель-подшипник» с эквивалентной жесткостью:
a – реальный подшипник; *б* – имитационный

Применение методов вычислений, в которых заложены параметры имитационных моделей, дает возможность ускорить процесс исследования различных характеристик проектируемых объектов. На решение задачи теоритического расчета такого подшипника потребуются более четырех дней при использовании дорогостоящего ЭВМ мощностью 65 Гб и более. На расчет имитационной модели такого подшипника потребуется несколько часов.

Библиографический список

1. Имитационное моделирование производственных систем предприятия Tecnomatix Plant Simulaton [Электронный ресурс]: электрон. метод. указания к лаб. работам / М-во образования и науки РФ, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т); авт.-сост. Е.А. Рамзаева, В.Г. Смелов, В.В. Кокарева. - Электрон.текстовые и граф. дан. (4,6 Мбайт). - Самара, 2013. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM).
2. **Кошелев, А.В.** Методика моделирования частотных колебаний подшипниковых узлов с использованием программного комплекса SolidWorksSimulation/ А.В. Кошелев, Н.П.Ямпурин, А.В. Платонов [и др.] // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2020. – №1. – С. 29 – 36.

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

АБРОСИМОВ К.И.	81, 83
АКИЛОВ П.О.	30
АКИМОВ А.С.	31
АЛЕКСЕЕВ В.В.	71, 76
АЛПЕЕВА А.А.	90
АЛТУШКИН Д.В.	137, 165
АНДРЕЕВ В.В.	250, 261, 312
АНДРОНОВА А.А.	294, 338
АНОШКИН Ю.А.	262
АНЧИХРОВА А.А.	12
АТЛАСКИН А.А.	292, 352
АТЛАСКИНА М.Е.	339
БАГАЕВ А.В.	329
БАГРЕЦОВ И.В.	341
БАЖЕНОВ Е.О.	211, 234
БАРАНОВ Д.В.	340
БАРАНОВ Н.М.	13
БАРИНОВ М.А.	32
БАРКАЛОВ А.А.	298
БАЧИЕВ А.М.	212
БЕДРЕТДИНОВ Р.Ш.	105, 106
БЕЛЯЕВ А.М.	125, 126, 127
БЕЛЯЕВ Г.Р.	60
БЕЛЯКОВ В.В.	126, 129, 130, 190, 192, 193, 194
БЕЛЯНИНА Е.Н.	176
БЕРДНИКОВ И.Е.	341
БЕРДНИКОВ Л.А.	137, 138, 145, 147, 151, 156, 165, 169, 170
БЕРЕЗИН А.А.	260, 261, 264
БЕРЕЗКИН В.С.	113
БЕССОЛЬЦЕВ В.Э.	137, 141, 160
БЕСЧЕРОВ Д.Е.	209
БЛИНОВ К.Д.	197, 201, 202
БЛОХИН А.А.	198
БОБАРЫКИН А.А.	320
БОКОВ П. А.	258, 259
БОКОВА Т.А.	258, 259
БОРИСОВ А.В.	297
БОРОВКОВ М.Н.	205
БОРОДИН В.Н.	20
БРАТЫГИНА В.С.	239
БУДНИКОВ В.А.	299
БУРОВ В.Н.	15
БУРОВА А.Г.	64
БУСАРОВ Н.В.	14
БУТЕР Е.Ю.	213
БУТИН Д.А.	136

ВАЛЯЕВ А.В.	199
ВАСИЛЬЕВА Л.А.	65
ВИКУЛОВА А.И.	331
ВИЛЯНОВ Ф.А.	151
ВЛАСИЧЕВ Г.Н.	265, 266, 79
ВЛАСОВ А.С.	112
ВОЛКОВ Н.С.	258, 259
ВОРОНЦОВА Е.П.	214
ВОРОТЫНЦЕВ А.В.	294, 338
ВОРОТЫНЦЕВ В.М.	295, 296
ВОРОТЫНЦЕВ И.В.	292, 339, 352
ВОРОШИЛОВ А.А.	9, 79, 104, 110, 265, 266, 353, 354, 355
ВЫЧЕГЖАНИН С.В.	66
ГАЙНОВ С.И.	311
ГАЛЕЕВ Р.Э.	200
ГЕНЕРАЛОВ А.А.	227
ГЕРАСИМОВ Е.А.	114, 117, 123
ГЕРМАН Н.В.	250
ГИНИЯТУЛЛИН А.Р.	328
ГЛАДКИХ И.В.	212
ГЛАДЫШЕВ А.С.	114
ГЛЕБОВ В.В.	114, 116
ГЛУЗДОВ А.Д.	279
ГЛУШКОВ М.Н.	180
ГЛУШКОВ С.В.	100
ГОЛУБЕВ М.С.	135
ГОНЧАРОВ К.О.	135, 136, 140, 148, 149, 160
ГОРБАТОВ С.А.	240, 241, 242, 243, 244, 246, 247, 248, 249
ГОРДЕЕВ М.М.	280
ГОРОХОВ А.Н.	67
ГОРЯЧЕВА Т.И.	51
ГРАЧЕВ В.А.	273
ГРАЧЕВ П.П.	294
ГРУЗДЕВ С.М.	33
ГУЛИН М.С.	136
ГУЛЯЕВ Н.А.	215
ГУЛЯЕВА У.И.	59, 281
ГУРИНА Н.А.	34
ГУРЬЯШКИНА Н.А.	331, 335
ГУСЕВ А.Ю.	49
ГУСЕВ Г.А.	216
ГУСЕВ Д.С.	216
ГУСЬКОВ А.А.	316
ГУЦУ Н.В.	137
ГУЩИН В.Н.	224, 237

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

ДАВТЯН Д.М.	138
ДАНИЛОВ Н.С.	332
ДЕМАРЕВ С.Н.	114
ДОБЫЧИНА В.А.	35
ДОДУХОВ В.А.	301
ДОКУЧАЕВ М.А.	204
ДОРМИДОНТОВ Д.В.	123
ДОРОФЕЕВ Р.А.	189
ДРЕШИНА Т.Д.	36
ДУБОВ М.С.	68, 73
ДУНЦЕВ А.В.	260, 263, 312
ЕВЛАМПЬЕВ В.Н.	218
ЕГОРОВ В.С.	67
ЕГОРОВ Ю.С.	64, 67, 69, 71, 73, 76, 90, 96, 342, 346
ЕЛИСЕЕВ М.Е.	140
ЕРЕЕВ М.Н.	209
ЕРЕМЕНКО В.В.	105
ЕРМОЛАЕВА В.Е.	332
ЕРМОЛЕНКО Е.Д.	250
ЕРОШИН А.С.	15
ЕФИМОВ П.О.	37, 38
ЖАРКОВ Е.В.	127
ЖИГАНШИН А.	333
ЖИЛИН П.Л.	114, 117, 218
ЖИЛЯЕВ А.А.	137, 141, 165
ЖУКОВ С.С.	129, 130
ЗАБАВИЧЕВ И.Ю.	300
ЗАМОТАЕВ Д.А.	16
ЗАМОТАЕВА Е.А.	302
ЗАПЕВАЛОВ Д.А.	251, 262
ЗАРУБИН Д.М.	292
ЗЕЛЕНОВ П.А.	205, 282
ЗОБКОВ А.С.	219
ЗОЛОТАРЕВ А.С.	39
ЗУБАКИН А.С.	181
ЗУБКОВ Н.В.	305
ЗУДИН М.А.	35
ИВАНОВ А.А.	321
ИВАНОВ А.В.	101
ИВШИН К.А.	220
ИГНАТЬЕВ В.Н.	252, 253
ИЛЬЯНОВ С.В.	143
КАДУШКИН И.Н.	145, 160
КАЛАТУР И.О.	304
КАЛАШНИКОВА М.В.	69
КАЛЕНОВ М.Ю.	334
КАЛИНИНА В.П.	254
КАЛИНИНА Н.А.	68, 74

КАМЫШАН Е.А.	342
КАНГИН Е.М.	114, 116
КАПИНОС А.А.	294
КАПРАНОВ С.Н.	96
КАПУСТИН Р.В.	293
КАПУСТИН С.А.	273
КАРАВАЕВ А.А.	343
КАШИНА Е.Г.	7
КВАСОВ А.С.	70
КЕЙКОВ А.С.	250
КЕРБЕНЕВА А.Ю.	67, 71
КЕЧИН Е.С.	305
КЕЧКИН А.О.	341
КЕЧКИНА Н.И.	332, 333
КИЛИН С.В.	117, 118
КИМ А.А.	221
КИМ В.Е.	345
КИРСАНОВА О.Н.	98
КЛИМИН Ю.А.	346
КОЗЛОВ И.С.	182, 183
КОЗЛОВ С.А.	17
КОМИССАРОВ А.В.	5
КОНОВАЛОВА Е.С.	147, 151, 156, 170, 176
КОНСТАНТИНОВ И.В.	222
КОРОБОВ И.Б.	205
КОРОВИН В.А.	213, 235
КОРОЛЕВА О.В.	306
КОРЧАГИН К.С.	307
КОРЧАЖКИН М.Г.	145, 165, 169, 176
КОРЯКОВЦЕВА А. А.	147, 156, 170, 176
КОСТРОВ Д.Д.	347
КОСТЫРЯ А.И.	255
КОТ А.В.	256, 263, 312
КОЧИНА Д.С.	106
КОШЕЛЕВ А.В.	208, 356
КОШЕЧКИН А.С.	39
КОШУРИНА А.А.	218
КРАСНОВ М.Е.	283
КРЮКОВ О.В.	336
КРЮЧКОВ С.С.	292, 352
КУДРЯШОВА Е.А.	72
КУЗИН А.А.	25
КУЗМИЧЕВ В.А.	148, 149
КУЗНЕЦОВ И.А.	348
КУЗНЕЦОВ М.В.	208
КУЗЬМИН А.В.	338
КУЗЬМИН Н.А.	143

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

КУЗЬМИНА Е. А.	147, 151, 156, 170, 176
КУЛАГИН А.Л.	135, 136, 148, 149, 174, 175
КУЛЕМИН П.Ю.	18
КУЛИКОВ А.Л.	104
КУЛИКОВ И.Ю.	19
КУЛИНЧЕНКО Н.А.	122
КУЛЯБА Д.Г.	273
КУЛЯЗИН А.Д.	158
КУРБАКОВ А.В.	313
КУРКИН А.А.	328
КУРКИНА О.Е.	328
КУСТОВ И.А.	300
ЛАЗАРЕВА Е.И.	98, 348
ЛАЩУК К.В.	140
ЛЕБЕДЕВ В.В.	256, 263, 312
ЛЕБЕДЕВ С.А.	40
ЛЕУШИНА Л.И.	219, 226
ЛИПЕНКОВ А.В.	158, 160
ЛИПУЖИН И.А.	107, 108
ЛОБАЕВА Н.А.	258
ЛОБАНЬ Д.М.	42
ЛОГУНОВ А.А.	351
ЛУКАШИНА М.А.	332
ЛУКИНА Е.А.	199
ЛЪВУТИНА Т.В.	81, 83
МАВРЫЧЕВ Е. А.	57, 58
МАЙОРОВ А.В.	17
МАКАРОВ В.С.	125, 126, 127, 129, 190, 191, 192, 193, 194
МАКСИМОВА Е.И.	108
МАЛАХОВ В.А.	268, 270, 271, 275, 276, 350
МАЛИКОВА А.Т.	223
МАЛЫШЕВ В.М.	295, 296
МАЛЫШЕВ К.А.	273
МАЛЯКИН А.П.	86, 285
МАМАЕВ Е.М.	190
МАМЕДОВ Д.Г.	321
МАМЕДОВ Э.Ш.	197, 201, 202
МАННОВА А.В.	322
МАРКОВ А.Н.	294
МАРКОВ А.С.	209
МАРКОВА Е.А.	294, 160
МАРКОВНИНА А.И.	61, 129, 190, 191, 192, 193, 194, 349
МАРОВ А.В.	71

МАРОВ А.Р.	258, 259
МАСЛОВ К.А.	220
МАСЛОВА М.С.	333
МЕДВЕДЕВ Д.Л.	224
МЕЛЕНТЬЕВ К.П.	53
МЕЛУЗОВ А.Г.	345, 347
МЕЛЬНИЧЕНКО О.П.	118
МЕТЕЛЬКОВ Н.А.	73
МИЛОВ В.Р.	68
МИНУТИН С.А.	5, 7
МИРКИН Б.А.	298, 301
МИРОНЧЕНКОВ С.Р.	261
МИХАЙЛИН М.О.	309
МИХАЙЛОВА Т.Л.	280, 281, 282, 285, 287, 289
МИХАЛИЦЫН Е.А.	20
МИШИН В.К.	89
МОКЕРОВ Д.С.	195
МОЛЕВ Ю.И.	196
МОРОЗОВ А.О.	21
МОРОКОВА М.Е.	311
МОТОВИЛОВА М.В.	184
МОХНАЧЕВ Н.А.	295, 296, 352
МОЧАЛОВ Л.А.	351
МУРЕЕВ М.А.	158
МУХИНА М.Л.	343
НЕЗАМАЕВ Е.С.	93
НЕЧАЕВ А.С.	350
НИКИТИН А.А.	275, 313
НИКИТИНА М.В.	333
НИКИФОРОВ В.В.	225
НИКИШИН А.Е.	51
НИКОЛАЕВА С.Ю.	43
НОВИКОВ Д.И.	239, 256, 260, 261, 264
НОВОЖИЛОВА А.Е.	96
НОВОЖИЛОВА О.О.	345, 347
НУЖДИНА Т.В.	233
ОБИДИНА К.А.	256, 260, 312
ОГУРЦОВА Е.О.	226
ОЗГАЧЕВА А.А.	138
ОЛЬХОВА М.С.	273
ОПАРИНА П.В.	323
ОСМАНОВ В.К.	297
ПАВЛОВ С.В.	87
ПАНОВ В.А.	209
ПАПУНИН А.В.	190, 192, 193, 194
ПЕЛЕВИНА В.А.	5
ПЕСТОВА С.С.	333

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

ПЕТРОВА А.В.	313
ПЕТУХОВ А.Н.	292, 295, 296
ПЕШЕХОНОВ К.Ф	44
ПИВКИН А.С.	22
ПИЛЬКЕВИЧ А.В.	286
ПИРОГОВА К.Д.	23
ПЛАТОНОВ А.В.	119, 120, 356
ПЛАТОНОВ И.А.	119, 120
ПЛЕХОВ А.С.	100
ПЛОТНИКОВ С. А.	181, 182, 183, 184, 187
ПЛУЖНИКОВ А.Д.	39
ПЛЯГО А.В.	186
ПОЖАРСКИЙ А.А.	7
ПОЛЕТАЕВА Н.С.	24
ПОЛИКАРПОВА А.А.	74
ПОЛУНИЧЕВ В.И.	240
ПОЛШКОВ Р.В.	45
ПРИВАЛОВ И.С.	25
ПРИХУНОВ А.С.	75, 76
ПРИХУНОВА А.В.	67, 324
ПРОНИН А.В.	52
ПРОНИН Д.В.	119, 120
ПРОХОРОВ И.О.	351
РАЕВСКАЯ А.А.	300, 313
РАЕВСКИЙ А.С.	268, 271, 274, 350
РАЖЕВА К.В.	227
РАЙЦЫН А.Н	287
РЕЗНИКОВ М.Б.	88
РОЖКОВ А.В.	46
РОМАНОВ А.Д.	327, 204, 206, 228, 230
РОМАНОВ А.С.	26
РОМАНОВ И.Д.	122, 132, 133, 231
РОМАНОВА Е.А.	122, 132, 133, 206, 230, 231, 327
РУБЦОВА Т.А.	55
РУМЯНЦЕВ В.Л.	314
РЯБОВ Д.Е.	325
РЯБУХИН Д.Н.	145, 160
РЯЗАНОВ А.В.	21
САЗАНОВ А.В.	288
САЗЕЕВ Д.Д.	315
САЛТЫКОВА А.А.	68, 77
САМУЛКИНА О.Е.	27
САНДАКОВ М.Ю.	198
САННИКОВ А.Н.	289

САПОН Е.В.	69
САРАЗОВА Е.М.	351
САТАЕВ А.А.	260, 261
САЧКОВ Р.В.	145, 160
СВЕРДЛОВ Р.В.	12, 40, 44
СВЕТЛАКОВ А.Ю.	334
СВЕШНИКОВ Д.Н.	209
СЕВОСТЬЯНОВ А.А.	106
СЕЛЕЗНЕВ Н.Е.	300
СЕМАШКО А.В.	55
СЕМЕНОВ И.И.	109, 111
СЕНТЮРЕВА В.И.	232
СЕНЬКИВ Д. А.	91
СЕРГЕЕВА М.С.	295, 296
СИЛАЕВА О.В.	123
СИЛАНТЬЕВ С.Э	141, 165
СКОБЕЛЕВА И.Ю.	198
СКОБЕЛИН К.Н.	169
СЛУЗОВ А.П.	341
СМИРНОВ В.Ф.	297
СМИРНОВА О.Н.	297
СМОЛЬНИКОВ М.В.	182, 183
СМОРОДИН К.А.	292, 352
СМЫСЛОВА Д.С.	102
СОКОЛОВ И.В.	90
СОЛОВЬЕВ А.В.	100, 200
СОЛОВЬЕВА А.Е.	233
СОРОКИН А.В.	20
СОРОКИН А.И.	316
СОСНИНА Е.Н.	101, 105, 109, 111
СПИРИДОНОВ С.Ю.	255
СПИРИНА А.А.	47
СУДЬИН С.В.	48
СУИТИН А.С.	255
СУМИНОВ О.Д.	262, 251
СУРКОВА А.С.	81, 83
СЮВАТКИН А.Д.	56
ТАЛАЛУШКИНА Л.В.	328
ТАРАРИНА Е.Н.	147, 151, 156, 170
ТАРАСОВА Н.П.	254
ТЕТЕРЯТНИК Е.В.	28
ТИМКОВА С.В.	78
ТИХОНОВ Е.В.	93
ТРОФИМОВ Е.Т.	335
ТРУШИН С.А.	49
ТРЯКОВ Д.И.	256, 263
ТРЯСКОВА А.Д.	291
ТУГАНОВ Р.Б.	336

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

ТУРАДЖЕВ Р.Э.	316
УГЛОВ Н.С.	218, 234
УЛЬЯНОВ К.С.	172
УШАКОВ Ю.А.	235
ФЕДОСЕНКО Ю.С.	60, 87, 88, 89, 100, 172, 173, 199, 200
ФЕДЯКОВ М. А.	57
ФОМИН М.Н.	123
ФОМИЧЕВ А.С.	211
ФРОЛОВ А.А.	116
ФРОЛОВА М.М.	322, 323
ХАЗОВ К.Ю.	197, 201, 202
ХАНДУРИН Д.К.	173
ХАПОВ С.В.	317
ХВОЙНОВ О.В	264
ХЛЫБОВ А.А.	214, 232
ХОЗЕРОВ В.С.	174, 175
ХОХЛОВ В.Н.	256, 264
ХУДЯКОВ И.С.	9, 79, 110, 265, 266, 353, 354, 355
ЦАПАЕВ А.П.	86
ЦВЕТКОВА Е.А.	50
ЦЫГАНОВ Н.Д.	61, 192, 194, 349
ЧЕБЕРЯК О.И.	222, 225, 236
ЧЕРНОБАЕВ И. Д.	92
ЧЕРНЫШОВ Е.А.	122, 132, 133, 230, 231
ЧЕРНЯЕВ В.С.	97
ЧИКАЕВ А.О.	140
ЧИПИНСКИЙ Е.В.	297
ЧИРКОВ В.А.	252, 253
ЧИСТЯКОВ О.А.	123
ЧУПРОВ Д.А.	71, 76
ШАБАНОВ Д.И.	236
ШАЛУХО А.В.	110, 112
ШАМАСНА Х.А.	54
ШАМРИН А.А.	93
ШИБАНОВА В.С.	346
ШИГИН А.А.	255
ШИПИН А. И.	187
ШКИЛЕВА В.Д.	62
ШПИЛЕВ Д.А.	237
ШУВАЛОВА Ю.Н.	354, 355, 110
ШУРЫГИН А.Ю.	113
ЩЕГЛЕТОВ К.А.	119, 120, 356
ЩЕРБАКОВ А.Н.	93
ЩЕРБАКОВ В.В.	268

ЭРДИЛИ Н.И.	112
ЮДИН С.А	343
ЮХОВА Т.В.	329
ЮЩИНА И.В.	329
ЯКИШИН А.С.	318
ЯМПУРИН Н.П.	356
ЯМУШЕВА О.В.	76
ЯРЕМЕНКО А.И.	147, 151, 156, 170, 176
ЯРОВАЯ Е.И.	215, 216
ЯРОВОВ Д.О.	58

БУДУЩЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ НАУКИ

***Сборник материалов
XIX Всероссийской молодежной
научно-технической конференции,
посвященной 75-летию
Победы в Великой Отечественной войне***

Редакторы: **Т.В. Третьякова, Е.В. Комарова**

Компьютерный набор **В.А. Скрылева**

Подписано в печать 28.09.2020. Формат 60 x 84¹/₈.
Бумага офсетная. Печать трафаретная. Усл. печ. л. 45,5.
Тираж 50 экз. Заказ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева.

Типография НГТУ.

Адрес университета и полиграфического предприятия:
Нижегород, ул. Минина, 24.