

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Министерство образования, науки и молодежной политики
Нижегородской области
Федеральное агентство по делам молодежи (Росмолодежь)
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
XVII Международной молодежной
научно-технической конференции*

Нижний Новгород, 28 сентября 2018 г.

Нижний Новгород 2018

УДК 62
ББК 30
Б 903

Будущее технической науки: сборник материалов XVII Международной молодежной научно-техн. конф.; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2018. – 360 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:

Н.Ю. Бабанов (председатель), **В.В. Беляков** (ответственный секретарь конференции),
К.О. Гончаров, Е.В. Бычков, А.Е. Жуков, В.И. Казакова, О.А. Казанцев, В.А. Козырин,
В.Е. Колотилин, А.А. Куркин, И.Л. Лаптев, М.А. Легчанов, Т.Л. Михайлова,
Н.А. Мурашова, В.И. Поздяев, О.В. Пугина, Е.Н. Соснина, В.П. Хранилов

ISBN 978-5-502-01077-1

© Нижегородский государственный
технический университет
им. Р.Е. Алексеева, 2018

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

XVII Международная молодежная научно-техническая конференция «Будущее технической науки» 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».

В этом году конференция «Будущее технической науки» также включена в отборочный перечень мероприятий Всероссийского инженерного фестиваля «Я - конструктор» Программы развития деятельности студенческих объединений 2018.

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 являетесь, Вы, 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 года.

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	9
1.1. Радиоэлектронные системы и устройства	9
1.2. Конструирование и технология радиоэлектронной аппаратуры	20
1.3. Телекоммуникации	30
1.4. Информационные технологии	47
1.5. Техническая кибернетика	68
2. Электроэнергетика	86
2.1. Автоматизация систем электрооборудования	86
2.2. Эффективность систем электроэнергетики	90
2.3. Преобразователи параметров электрической энергии	99
3. Машиностроение	101
4. Наземные транспортные средства и транспортно-технологические комплексы	115
4.1. Конструирование наземных транспортных средств	115
4.2. Эксплуатация наземных транспортных средств	130
4.3. Строительные и дорожные машины	151
5. Морская, авиационная техника и кораблестроение	153
5.1. Кораблестроение и авиационная техника	153
5.2. Энергетические установки	155
5.3. Прочность, надежность и ресурс конструкции	175
6. Материаловедение, наноматериалы и нанотехнологии	182
7. Физика ядерных и волновых процессов, технологии установок	208
7.1. Ядерная энергетика	208
7.2. Физика волновых процессов	218
8. Медицинская инженерия и биотехнология	229
8.1. Медицинская инженерия	229
8.2. Промышленная биотехнология и биоинженерия	234
9. Химия, химические технологии и нанотехнологии	237
10. Приборостроение и автоматизация технологических процессов	281
11. Экономика, менеджмент и инновации	313
12. Математическое моделирование геофизических процессов	316
13. Научное общество учащихся	320
14. Коммерциализация инновационных проектов (УМНИК)	331
15. Техника в социальном пространстве современной России	352
Алфавитный указатель	354

ИСТОРИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ В ЛИЦАХ

УДК 378+621.37

ЗЕНЬКОВИЧ А.В.

ВЫДАЮЩИЕСЯ РЕЗУЛЬТАТЫ ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОФЕССОРА Д.В. АГЕЕВА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Педагогическая и учебно-методическая деятельность профессора Д.В. Агеева существенно дополняет его выдающуюся научную деятельность. Фундаментальные научные результаты теоретических исследований были получены Д.В. Агеевым в далекие предвоенные годы. Основы теории связи студент Д. Агеев изложил в дипломной работе и в статье в 1935 году, частично эти результаты американские ученые Л.А. Заде и К.С. Миллер получили в 1952 году. Пропускную способность канала связи аспирант Д.В. Агеев определил в 1938 году за десять лет до работ американских ученых К.Е. Шеннона и Н. Винера. В 1940 году кандидат технических наук Д.В. Агеев разработал теорию групповой передачи сигналов. Приоритет в этих вопросах принадлежит России, профессору НГТУ Д.В. Агееву.

Дмитрий Васильевич Агеев – ученый в самом высоком смысле этого слова.

Теоретические научные исследования были его главным делом. Ежедневно все свое свободное от работы время, в том числе выходные и отпуск, он посвящал этому любимому делу. В нем плодотворно сочетались глубокое проникновение в физику явлений и прекрасное владение математическим аппаратом для их описания и анализа. Он был полностью лишен тщеславия, главным для него был результат исследования, а не его публикация. Закончив одно исследование, он сразу брался за другое.

Понимая необходимость передачи своих колоссальных знаний и опыта другим, Дмитрий Васильевич применил для этого уникальный способ. В течение 13 лет еженедельно или раз в две недели он читал лекции для аспирантов, преподавателей и радиоинженеров города, для всех желающих, в которых излагал новые полученные им результаты. Всего было прочитано более 250 лекций. Это был мастер-класс высочайшего научного уровня, школа творчества, научного поиска, логики научного исследования. С каждой лекцией слушатели поднимались вверх по лестнице знаний. Они поражались и восхищались оригинальностью решения сложных задач, доступностью изложения, ясным физическим смыслом полученного результата. У них возникало и крепло желание заниматься научной работой и, естественно, иметь научным руководителем Дмитрия Васильевича. К нему устремился поток аспирантов-заочников и соискателей из НИИ и предприятий города. В итоге 55 его учеников защитили кандидатские диссертации, а 14 из них затем и докторские. В НИИ и на предприятиях работали по 4-5 учеников профессора Д.В. Агеева, в том числе доктора наук. В Горьком сформировалась научная школа Д.В. Агеева в области радиотехники, охватывающая, в отличие от других научных школ, большое число развитых им направлений.

Подготовка научно-педагогических кадров, создание факультета

В 1949 году доктор технических наук Д.В. Агеев выбрал в качестве места работы Горьковский индустриальный институт. В нем специальность и кафедра «Радиотехника» были на электротехническом факультете, из преподавателей только один В.Я. Сморгонский имел степень кандидата технических наук. Дмитрий Васильевич возглавил кафедру и начал работу по подготовке научных кадров. Была организована аспирантура по радиотехническим

специальностям, началось издание научных трудов, регулярное проведение научных семинаров. Был резко увеличен объем научной работы, вырос ее уровень.

В 1952 году по настоянию профессора Д.В. Агеева был восстановлен радиотехнический факультет. Он был учрежден еще в 1936 году, но в 1938 году преобразован в специальный факультет, а в 1947 – в электротехнический. С 1955 по 1959 гг. профессор Д.В. Агеев был деканом факультета. Со времени восстановления радиотехнический факультет является самым большим в институте, сейчас это относится к ИРИТу в университете.

Из 55 подготовленных под научным руководством профессора Д.В. Агеева кандидатов технических наук 32 – преподаватели кафедр факультета. Из них в дальнейшем 7 стали докторами наук и 5 – заведующими кафедрами. Таким образом, Дмитрий Васильевич внес самый существенный вклад в становление и развитие радиотехнического факультета. В течение 30 лет он сам и его ученики определяли уровень научной и учебно-методической работы, который непрерывно повышался. По значению новых научных идей и изобретений, по количеству и качеству научных работ, числу монографий и учебных пособий, выпущенных центральными издательствами большими тиражами, по квалификации научно-педагогических кадров, по качеству подготовки радиоинженеров наш факультет стал в один ряд со старейшими радиотехническими факультетами страны.

Для сохранения памяти о выдающемся уникальном ученом, внесшим фундаментальный вклад в отечественную и мировую науку, создателе радиотехнического факультета наследник факультета – ИРИТ – должен носить имя профессора Д.В. Агеева.

Теория и активный метод лекционного обучения студентов технических вузов

Заведующий кафедрой, ведущий лектор двух радиотехнических дисциплин профессор Д.В. Агеев имел многолетний опыт преподавания в вузах страны. Гениальные люди гениальны во всем. Он понимал, в чем состоят недостатки существующей системы обучения, которую был вынужден использовать. Он не мог остаться равнодушным к этому и направил свои творческие способности, интеллект и эрудицию на совершенствование системы обучения. Этой творческой работой профессор Д.В. Агеев занимался более десять лет. К развитой им теории обучения относятся исследования, позволяющие получить научно обоснованные ответы на многие важные для обучения вопросы. В частности, что такое эффективность обучения, каковы объективные критерии ее качественной и количественной оценки, что такое метод обучения, как влияет выбор важнейших целей обучения и другие. На основе теории профессор Д.В. Агеев разработал активный метод лекционного обучения студентов технических вузов. В существующей системе лекция служит для понимания и в некоторой мере запоминания изучаемого материала с оценкой на экзамене.

При использовании активного метода цели обучения таковы. Во-первых, научить студентов самостоятельно изучать материал по учебникам и книгам, а не получать его от лектора в «разжеванном» виде. Во-вторых, научить творчески мыслить, то есть применять знания с использованием учебников и книг для решения творческих задач. Лекция служит для решения таких задач с помощью лектора с пояснением всей последовательности логических умозаключений, приводящих к решению. В конце каждой лекции проводится контрольная работа, в течение 15-20 мин все студенты потока решают одну творческую задачу.

Активный метод лекционного обучения имеет следующие преимущества. Цели обучения соответствуют требованиям будущей работы студентов. В полной мере реализуются самостоятельность, активность и систематичность работы студентов, почти стопроцентным становится посещение лекций. Создается постоянная обратная связь между студентами и лектором, возможность воспитательного действия на студентов. Постоянно решая задачи, студенты фактически готовятся к экзамену, приобретают уверенность в своих силах, экзамен проходит в спокойной обстановке.

В течение четырех лет профессор Д.В. Агеев при чтении лекций по курсу «Усилительные устройства» в порядке эксперимента применял квазиоптимальный вариант активного метода обучения в учебном потоке из пяти групп. За семестр студенты выполняли 33 кон-

трольные работы и решали две задачи на экзамене. Все преимущества нового метода были полностью подтверждены на практике.

Дмитрий Васильевич в центральных журналах опубликовал две статьи о разработанном им активном методе лекционного обучения. В 1984 году он прочел для преподавателей вузов города курс лекций объемом 40 часов на тему «Проблемное обучение и активный лекционный метод». Созданную им теорию и разработанный на ее основе активный метод обучения профессор Д.В. Агеев подробно изложил в подготовленной к изданию рукописи монографии. В качестве эпиграфа к ней взято имеющее глубокий смысл утверждение: «Примененье – мать ученья».

Однако профессор Д.В. Агеев не смог опубликовать монографию. В 1985 году он и профессор В.В. Маланов выступили с критикой ректора Ю.С. Лезина и декана факультета В.Г. Баранова. В 1988 году кафедра радиоприемных устройств была расформирована, профессор Д.В. Агеев был вынужден уйти на пенсию.

Кафедра «Радиоприемные устройства»

Со времени создания кафедры 36 лет профессор Д.В. Агеев был заведующим кафедрой, а все преподаватели были его учениками. С начала 70-х годов прошлого века в течение многих лет это была единственная в институте кафедра, все преподаватели которой имели ученые степени. В дальнейшем четыре преподавателя из восьми в указанной последовательности стали профессорами: В.Ф. Рябков, А.В. Зенькович, В.Н. Ногин, Н.Б. Догадин. Последний начал работу на кафедре в должности лаборанта.

На кафедре активно проводилась научная работа. Ее результаты имели признание в нашей стране и за рубежом. В первую очередь это фундаментальные результаты теоретических исследований профессора Д.В. Агеева. Некоторые из них были доведены до внедрения в ходе хозяйственных работ, проводимых на кафедре под его руководством. В центральных издательствах вышли в свет пять научных монографий сотрудников кафедры, было сделано десять докладов на пленарных заседаниях Всесоюзных конференций. Было опубликовано более 260 научных статей, получено 107 авторских свидетельств на изобретения.

На международных зарубежных конференциях сотрудниками кафедры было сделано семь докладов, частично опубликованных в трудах конференций. Разработанные на кафедре приборы демонстрировались на международных выставках в Москве и Женеве. Начиная с 1977 года, кафедра под руководством профессора Д.В. Агеева провела в институте четыре Всесоюзные конференции по новой технике радиоприемных устройств. Автор данной статьи с 1978 по 1988 гг. был организатором и научным руководителем тематического семинара «Измерения в технике радиоприема», проводимого два раза в год в Москве в павильоне «Физика» АН СССР. Уникальным является годовой экономический эффект внедрения результатов его докторской диссертации. В радиоизмерительной отрасли (15 типов серийно выпускаемых приборов) и в отрасли радиовещания (11 разработанных на кафедре установок) он в соответствии с актами внедрения составил 10,6 млн рубл., то есть в современных ценах около 1 млрд рублей. Разработанные автором статьи методы были включены в программу дисциплины «Электрорадиоизмерения» для вузов по специальности «Радиотехника».

Дмитрий Васильевич был ведущим лектором дисциплин «Радиоприемные устройства» и «Усилительные устройства», он написал два 100-страничных учебных пособия для спецкурсов по ним. Преподавателями кафедры по этим дисциплинам были написаны соответствующие программам учебные пособия, опубликованные центральными издательствами большими тиражами (1972 год – 30000 экз., 1992 – 3600 экз.). Тиражом 40000 экз. в 1985 году было издано учебное пособие по электрорадиоизмерениям, в которое со ссылкой на автора вошли разработанные на кафедре методы измерения. В дальнейшем по этой дисциплине в институте был издан комплекс учебно-методических материалов объемом 23 печатных листа. По всем дисциплинам кафедры было издано 17 внутривузовских пособий объемом пять и более печатных листов.

Изложенные результаты научной и учебно-методической работы кафедры под руководством профессора Д.В. Агеева в значительной мере обеспечивали факультету в течение многих лет первое место среди факультетов института.

**СТРАНИЦА УСПЕХА ДОКТОРА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК,
ПРОФЕССОРА КОЗЛОВА ВАЛЕРИЯ АЛЕКСАНДРОВИЧА**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

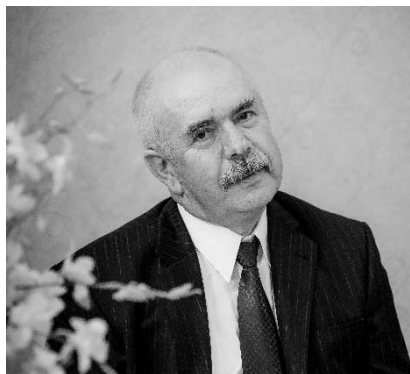


Рис. 1

Козлов Валерий Александрович родился в г. Балашов Саратовской области 18 января 1949 года в семье военного – артиллериста, прошедшего Финскую и Великую Отечественную войну, Козлова Александра Ивановича и педагога Козловой Екатерины Ивановны.

В 1966 году Козлов В.А. окончил среднюю школу №5 с золотой медалью. В том же году поступил учиться на радиофизический факультет Горьковского государственного университета им. Н.И. Лобачевского (ныне ННГУ им. Н.И. Лобачевского). В 1971 году закончил учёбу в университете и поступил на работу в Горьковское конструкторско-техническое бюро измерительных приборов (в настоящее время филиал

ФГУП РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИИС им. Ю.Е.Седакова»).

За 47 лет работы на предприятии он прошел путь от простого инженера до начальника отдела координации научных исследований, профессора, доктора наук.

Под руководством и при личном участии Валерия Александровича разработаны высокочастотные блоки целого ряда приборов. Впервые выполнена разработка приемопередатчика миллиметрового диапазона длин волн.

В течение многих лет Козлов В.А. занимается подготовкой кадров высшей квалификации (подготовил трех кандидатов наук). Проводит курсы лекций в области «Теория электромагнитной совместимости» для магистров, являясь сотрудником кафедры «Физика и техника оптической связи» ИЯЭиТФ ННГУ им. Р.Е.Алексеева. Является членом ГАК и ГЭК ННГУ им. Р.Е.Алексеева и членом трех диссертационных советов (ННГУ им. Р.Е. Алексеева и ФГУП РФЯЦ-ВНИИЭФ).

Козлов В.А. издал более 150 публикаций и разработал 14 изобретений.

За научные достижения Козлов В.А. неоднократно награждался отраслевыми наградами и наградами предприятия. Награжден медалью «Ветеран труда», знаком «Ветеран атомной энергетики и промышленности», отраслевыми знаками «Академик Курчатов» IV и III степеней, Благодарственным письмом правительства Нижегородской области и Почетным дипломом губернатора Нижегородской области, знаком РНТОРЭС им. А.С.Попова «За заслуги в развитии радиоэлектроники и связи», благодарственным письмом Генерального директора «Росатом».

Козлов В.А. является «Человеком года «РОСАТОМ-2016» в номинации «Научный сотрудник».

В 2017 г. его фотография с описанием основных научных достижений были размещены на Аллее славы Приокского района города Нижнего Новгорода (рис. 1).

С 2018 г. Козлов В.А. – член постоянно действующей комиссии по работе с молодыми учеными в ФГУП РФЯЦ-ВНИИЭФ. Его имя записано в Книгу Почета и на Доску Почета «НИИИС им. Ю.Е. Седакова».

На протяжении всей трудовой деятельности, Козлов В.А. не изменяет своему жизненному кредо: идти только вперед, к новым знаниям, научным достижениям и открытиям. Непрерывно следовать по пути повышения эффективности деятельности, постоянно совершенствоваться, достигая максимального результата.

СЕКЦИЯ 1

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Подсекция 1.1

Радиоэлектронные системы и устройства

УДК: 681.5

ИЛЬИН В.Ю., МОЧАЛОВ В.И.

СОЛНЕЧНЫЙ ТРЕКЕР НА ПЛАТФОРМЕ ARDUINO

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

Солнечные электростанции все увереннее входят в повседневную жизнь современного человека. Смысл солнечного трекера заключается в повышении КПД солнечных панелей.

Солнечный трекер – это устройство, позволяющее следить за движением солнца по небосводу и перемещать солнечную панель в положение, в котором поглощение солнечных лучей происходит наиболее эффективно.

Достоинства трекера можно описать следующим образом:

- КПД солнечных панелей возрастает на 40–45%. Увеличение достигается за счет того, что наиболее эффективная работа панелей происходит, когда солнечные лучи падают под углом 90 градусов на фотоэлементы панели;
- за счет установки трекера КПД солнечных панелей значительно повышается, количество вырабатываемой электрической энергии, увеличивается;
- в связи с увеличением производительности отдельно взятой панели, отпадает необходимость в установке дополнительных панелей, что, в свою очередь, снижает стоимость всего комплекта солнечной электростанции.

По своей сути, солнечный трекер – это система, которая следит за местоположением солнца. Для выполнения этой задачи, от трекера требуется:

- определить месторасположение солнца, относительно солнечной панели;
- выполнить перемещение солнечной панели, в положение, в котором поглощение солнечных лучей будет максимальным.

Достоинства нашей разработки, в отличие от аналогов, заключается в дешевизне материалов и использовании простых фотодатчиков.

Механическая часть состоит из двух осей вращения. Система приводится в движение с помощью двух сервоприводов.

За управление отвечает аппаратная платформа Arduino Uno, контроллер которой построен на ATmega328.

Программа, которая отвечает за управление системы, подразумевает два режима работы:

1. Режим ожидания – это режим энергосбережения, в который система входит после выполнения инструкций, указанных в режиме 2.

2. Режим поворота панели, в котором система ищет источник света (в данном случае Солнце).

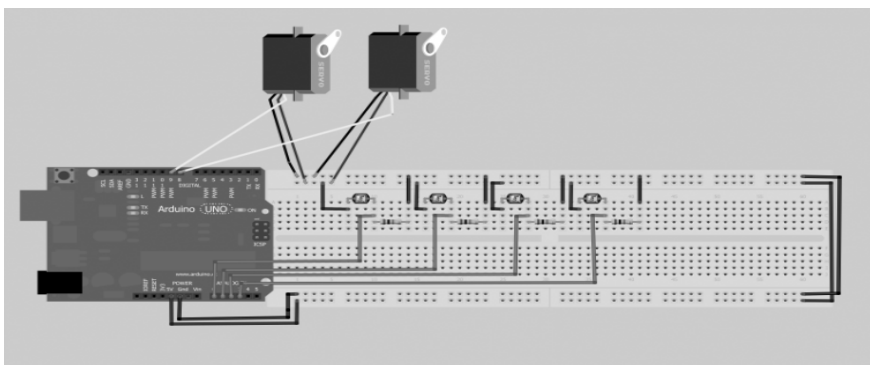


Рис. 1. Электрическая схема макета системы

После завершения работы системы в режиме 2 управляющая платформа погружается в режим ожидания и «проснется» только по истечению таймера. В конце светового дня, когда система не обнаружит свет в течение определенного времени, все устройство переключается в режим глубокого сна, в котором будет находиться до рассвета.

Вывод: данная система явно повышает КПД солнечных панелей и имеет преимущество перед аналогами в виде дешевизны комплектующих (управляющей части).

УДК 621.396

ЛАВРОВА А.М.

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПЛЕНОЧНЫХ ПОГЛОЩАЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ЧИП-АТТЕНЮАТОРОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Чип-аттенюаторы в исполнении для микрополосковых трактов и поверхностного монтажа являются необходимыми узлами всех радиоприемных, телевизионных и измерительных устройств [1].

Для построения таких аттенюаторов широко используются пленочные поглощающие элементы (ПЭ) различной топологии на основе распределенных резистивных структур, отличающиеся от ПЭ с дискретными пленочными резисторами большей широкополосностью и температурной стабильностью, меньшей чувствительностью к точечным дефектам и неоднородностям, разбросу технологических параметров, большей устойчивостью к импульсным и температурным воздействиям [2].

Для реализации требуемого диапазона ослаблений в микрополосковом варианте используют, как правило, ПЭ прямоугольной (большие и средние ослабления), Т-образной (средние и малые ослабления) и ПЭ, получаемые инверсией их граничных условий. Так как ПЭ для автоматизированного поверхностного монтажа обязательно должны обладать охватывающими контактами, их топологии для уменьшения трудоемкости изготовления существенно отличаются. Расчет и моделирование любых топологий ПЭ проводится либо аналитическим методом конформных отображений, либо численными методами с использованием современных программных продуктов [3].

Задача проектирования ПЭ не может считаться законченной без оценки требуемой точности воспроизведения найденных в результате расчета или моделирования геометрических размеров и удельного поверхностного сопротивления резистивной пенки. Под точностью понимается степень соответствия параметра заданному значению. Количественно она характеризуется предельными отклонениями параметра. Анализ точности должен выявить вариант топологии ПЭ с минимальной чувствительностью выходных параметров к отклонению конструктивных параметров.

При наличии аналитических соотношений для входного сопротивления $R_{вх}$ и затухания q этот анализ сводится к анализу чувствительности, т.е. к анализу отношения относительного приращения $R_{вх}$ или q к относительному приращению параметров (геометрических размеров и удельного поверхностного сопротивления) и получению аналитических зависимостей $R_{вх}$ и q от всех параметров ПЭ.

При моделировании с использованием программных продуктов задача также заключается в определении коэффициентов чувствительности путем поочередного варьирования каждого из параметров и последующей аппроксимации.

Такие задачи были решены в настоящей работе. Получены соотношения, характеризующие влияние всех параметров ПЭ на его выходные характеристики. Задача моделирования решалась с использованием программного комплекса Elcut.

Проведенный анализ позволил установить требования к точности проведения технологических операций по заданным допускам на параметры ПЭ чип - аттенюатора, определяет целесообразность коррекций технологических погрешностей, проводимой, как правило, с помощью лазерной установки.

-
1. **Чижиков С.В.** Анализ тенденций развития чип-резистивных СВЧ-аттенюаторов // Успехи современной радиоэлектроники. – 2017. – № 8. – С. 36–42.

УДК 621.317.799

**МИНЕЕВ К.В., БОТОВ Е.В., ИКОННИКОВ В.Н.,
КАНАКОВ В.А., КОРНЕВ Н.С., МАКАРЧЕВ Н.А., НАЗАРОВ А.В.,
ОСМАНОВ Р.Р., СЕДОВ А.А.**

ОБРАБОТКА РАДИОМЕТРИЧЕСКОГО СИГНАЛА БЫСТРОПРОТЕКАЮЩЕГО ПРОЦЕССА, ЗАРЕГИСТРИРОВАННОГО КВЧ РАДИОИНТЕРФЕРОМЕТРОМ-РАДИОМЕТРОМ

Филиал РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИИС им. Ю.Е. Седакова», г. Нижний Новгород,
ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров,
ННГУ им. Н.И. Лобачевского, г. Нижний Новгород

В настоящее время известен единственный метод дистанционного измерения температуры – измерение яркостной температуры с помощью приемного устройства с накоплением сигнала (радиометра). Обработка радиометрического сигнала быстропротекающего процесса, зарегистрированного пассивным КВЧ радиометром (без активного сигнала подсветки), описана в [1]. Она не предусматривает процедуры нелинейной фильтрации в частотной области, так как вклад энергии узкополосных спектральных компонент в общую энергию сигнала составляет менее 1%.

Иначе складывается ситуация, когда в радиометрическом сигнале присутствует мощная активная составляющая. Наиболее часто таким сигналом является сигнал передатчика, когда реализуется режим активно-пассивной радиометрии [2], где наряду со слабым широкополосным радиометрическим сигналом, несущим информацию о яркостной температуре, принимается мощный узкополосный зондирующий сигнал передатчика, отраженный от исследуемого объекта, несущий информацию о перемещении (фазовая зависимость) и коэффициенте отражения (амплитудная зависимость). Синхронные измерения яркостной температуры и коэффициента отражения позволяют получить однозначную оценку термодинамической температуры процесса. Однако при обработке такого сигнала производить простую нелинейную фильтрацию (приравнивание самых мощных спектральных компонент к нулю) не представляется возможным, поскольку в результирующей зависимости яркостной температуры от времени наблюдаются большие осцилляции яркостной температуры, объясняющиеся проявлением эффекта Гиббса.

В докладе приводится альтернативный метод обработки радиометрического сигнала быстропротекающего процесса, зарегистрированного КВЧ радиоинтерферометром-радиометром разработки филиала РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИИС им. Ю.Е. Седакова», основанный на определении частот дискретных спектральных компонент, мощность которых в несколько раз превышает средний уровень, с последующим подавлением этих компонент цифровым узкополосным режекторным фильтром. В результате такой обработки из общего сигнала исключаются спектральные компоненты зондирующего сигнала передатчика и получается сигнал, эквивалентный регистрируемому сигналу при пассивных радиометрических измерениях, обработка которого может производиться по уже известному, описанному в [1], алгоритму.

Библиографический список

1. **Богданов, Е.Н.** Реализация радиометрического канала в КВЧ интерферометре для диагностики быстропротекающих газодинамических процессов / Е.Н. Богданов, В.Н. Иконников, В.А. Канаков [и др.] // Экстремальные состояния вещества. Детонация. Ударные волны. Труды Международной конференции XVII Харитоновские тематические научные чтения. – Саров, 2015. – С. 442-446.
2. **Ботов, Е.В.** Одновременное измерение параметров движения и тепловых характеристик быстропротекающих процессов радиоинтерферометром-радиометром КВЧ диапазона / Е.В. Ботов, В.Н. Иконников, Н.С. Корнев [и др.] // Информационные системы и технологии. ИСТ – 2017: материалы XXIII Международной научно-технической конференции. – Нижний Новгород, 2017. – С. 1160–1164.

УДК 623.19

НОВИКОВ М.О

МОДЕРНИЗАЦИЯ БЛОКА РАЗГОНА ДИНАМИЧЕСКИ НАСТРАИВАЕМОГО ГИРОСКОПА

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

В настоящее время динамически настраиваемые гироскопы (ДНГ) получили широкое распространение в качестве чувствительных элементов индикаторных гиростабилизаторов, благодаря их малым габаритам, небольшой массе и достаточно высокой точности.

Динамически настраиваемый гироскоп представляет собой трехстепенной гироскоп с вращающимся внутренним упругим кардановым подвесом, который обеспечивает кинематическую связь ротора с двигателем по оси собственного вращения и две степени свободы углового движения относительно вала двигателя.

Применение в ДНГ упругого карданова подвеса исключает сухое трение в опорах подвеса, что повышает его точность.

При вращении ротора с подвесом упругие моменты подвеса компенсируются центробежными инерционными моментами кольца, что приближает его к свободному гироскопу. Данная компенсация обеспечивается при определенной скорости собственного вращения гироскопа и называется динамической.

В качестве двигателя применяется синхронный гистерезисный двигатель, питание которого осуществляется от статического преобразователя, имеющего высокую стабильность частоты. Одним из основных параметров работы является его быстродействие, которое напрямую зависит от времени разгона гироскопа.

Существующие блоки разгона разработаны на базе аналоговых элементов с временем разгона до 30 с. Для современных навигационных систем данное время является достаточно длительным.

Основной задачей данной работы является модернизация существующего блока разгона ДНГ с целью сокращения времени разгона.

Цель была достигнута заменой элементной базы блока разгона с аналоговой на цифроаналоговую с применением микроконтроллера. Для этого была разработана новая электриче-

ская схема устройства, произведен расчет выбранной элементной базы с учетом эксплуатационных показателей.

На основе разработанной схемы произведена разводка топологии печатной платы, а также разработан сборочный чертеж данного блока и произведено моделирование устройства со снятием осциллограмм его работы.

Моделирование датчика показало, что модернизированный блок разгона ДНГ позволяет сократить время разгона гироскопа до 1 с.

Из вышеизложенного можно сделать вывод, что развитие современной радиотехники и микроэлектроники позволяет применять во вновь разрабатываемых или модернизируемых изделиях современные микропроцессоры, ЧИП-элементы для достижения выходных характеристик на несколько порядков выше имеющихся.

В данном случае переработка электрической схемы с применением микроконтроллера в блоке разгона ДНГ позволило сократить время разгона гиromотора с 30 до 1 с.

Внедрение модернизированного блока в производство позволит сократить трудоемкость изготовления блока, время проведения контрольных проверок, соответственно уменьшить его себестоимость и улучшить качественные показатели изделия.

УДК 700

НОВИКОВ Д.С.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОСЦИЛЛОГРАФА В ПРОГРАММЕ LabVIEW

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

В последние годы произошло резкое увеличение производительности полупроводниковых приборов и уменьшение их размеров. В связи с развитием компьютеров, сетевых технологий увеличивается сложность процессов разработки, производства и тестирования новых приборов. Важной составляющей таких процессов стало их моделирование. Для моделирования и создания автоматизированных систем сбора данных и управления приборами используется среда графического программирования National Instruments LabVIEW. Программа позволяет пользователям, даже не имеющим опыта в традиционном программировании, быстро создавать сложные модели систем измерения и управления. LabVIEW предоставляет широкий набор инструментов, которые образуют графическую платформу программного обеспечения для моделирования, управления и тестирования автоматизированных и промышленных систем.

С другой стороны, измерительные приборы переходят на новый уровень развития. Конструируются датчики таким образом, чтобы любая измеряемая величина (например, температура, давление) на его выходе преобразовалась в электрический сигнал. Измерение сводится к преобразованию электрического сигнала в цифровой, который можно хранить бесконечно долго, накапливать его, производить над ним цифровую обработку, анализировать, выполнять косвенные измерения и визуализировать [1].

Намечается тенденция к созданию комплексных измерительных приборов. Наиболее распространенным измерительным прибором такого типа является осциллограф, который не только отображает исследуемый сигнал, но и способен производить его анализ, рассчитывать спектр, сохранять результат измерения в удобной для дальнейшей обработки форме [2].

На базе персонального компьютера можно создать целую измерительную систему, которая включает DAQ-устройство, или систему сбора данных. DAQ-устройства могут выполнять разные функции: аналого-цифровое преобразование (A/D), цифро-аналоговое преобразование (D/A), цифровой ввод/вывод (I/O) и управление счетчиком/таймером. Каждое устройство имеет свой набор возможностей, у каждого устройства своя скорость обработки данных. Также DAQ-устройство осуществляет генерирование данных. Его с одной стороны

подключают к компьютеру, а с другой – к реальной электрической цепи. Получая сигнал от этой цепи, DAQ-устройство обрабатывает его и передает компьютеру. Через DAQ-устройства компьютер получает исходные данные. Далее они обрабатываются в программной среде LabVIEW, используя все необходимые возможности этой программы [2].

Библиографический список

1. Жуков, К.Г. Модельное проектирование встраиваемых систем в LabVIEW / К.Г. Жуков. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 688 с.
2. Трэвис, Дж. LabVIEW для всех / Дж. Трэвис, Дж. Кринг. – 4-е изд., перераб. и дополн. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 904 с.

УДК 621.37, 535.8

ПАЛАЧЕВ М.А. КАПУСТИН С.А.

РАДИОФОТОННЫЙ СМЕСИТЕЛЬ СВЧ СИГНАЛОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

Смеситель частот является важным узлом любого приемопередающего оборудования. В данной работе рассматривается один из возможных вариантов реализации преобразователя радиосигналов с использованием принципиально новых методов и принципов микроволновой фотоники, схема которого представлена на рис. 1. Уровни комбинационных составляющих на выходе фотодетектора (ФД) определяются выражением (1).

Для проведения экспериментальных исследований были сняты модуляционные характеристики обоих модуляторов, по ним определены полуволновые напряжения и начальные сдвиги фаз.

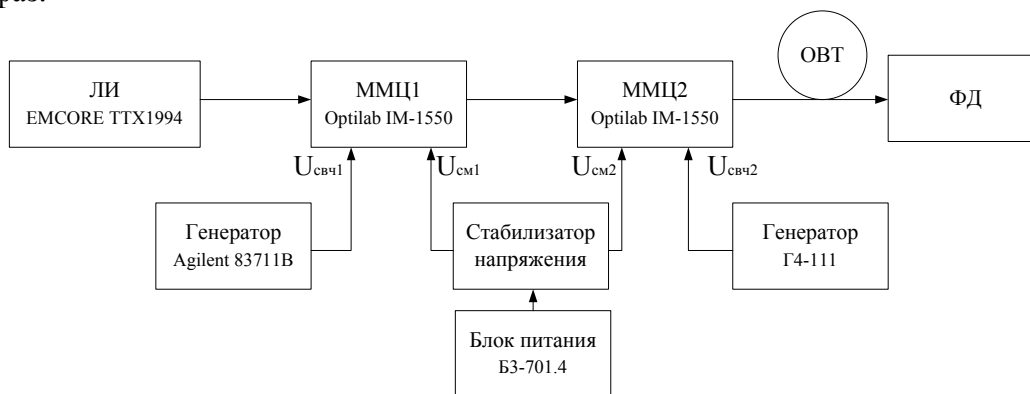


Рис. 1. Структурная схема радиофотонного смесителя частот на базе двух ЭОМ

$$\begin{aligned}
 P_{\text{комб фп}} = & \frac{(0,4 \cdot R \cdot \Pi_{\text{ФД}} \cdot P_{\text{вх}})^2 \cdot 2}{\alpha_{\text{ЭОМ}}^4} \cdot \left(J_1 \left(\pi \frac{U_{\text{СВЧ вх1}}}{U_{\pi}} \right) \cdot \cos(\omega_n t) \cdot \left(-\cos(\varphi_{01}) \cdot \sin \left(\pi \frac{U_{\text{см1}}}{U_{\pi}} \right) - \right. \right. \\
 & \left. \left. - \sin(\varphi_{01}) \cdot \cos \left(\pi \frac{U_{\text{см1}}}{U_{\pi}} \right) \right) \cdot J_1 \left(\pi \frac{U_{\text{СВЧ вх2}}}{U_{\pi}} \right) \cdot \cos(\omega_m t) \cdot \left(-\cos(\varphi_{02}) \cdot \sin \left(\pi \frac{U_{\text{см2}}}{U_{\pi}} \right) - \right. \right. \\
 & \left. \left. - \sin(\varphi_{02}) \cdot \cos \left(\pi \frac{U_{\text{см2}}}{U_{\pi}} \right) \right) \right)^2
 \end{aligned} \quad (1)$$

где R , $\Pi_{\text{ФД}}$ - сопротивление и фоточувствительность ФД; $\alpha_{\text{ЭОМ}}$ - потери в ЭОМ; $P_{\text{вх}}$ - входная оптическая мощность ЛИ; $U_{\text{СВЧ вх1}}$, $U_{\text{СВЧ вх2}}$ - амплитуды напряжений модулирующих сигналов; $U_{\text{см1}}$, $U_{\text{см2}}$ - напряжения смещения; U_{π} - полуволновое напряжение.

Эксперимент проводился в два этапа. На первом этапе выход ММЦ2 был подключен к оптическому анализатору спектра. Были найдены оптимальные значения напряжений смещения, при которых уровень комбинационных составляющих максимален. На втором этапе ММЦ2 был соединен с ФД, а выход ФД был подключен к анализатору спектра, таким образом был найден уровень суммарной и разностной составляющих на выходе ФД. Измеренный уровень комбинационных составляющих хорошо согласуется с результатами теоретического расчета.

УДК 621.396

ПИЛЬКЕВИЧ А.В.

ПЛЕНОЧНЫЕ ПОГЛОЩАЮЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОГО МОНТАЖА С УЛУЧШЕННЫМИ МОЩНОСТНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Пленочные поглощающие элементы (ПЭ) выполняют функции аттенуаторов и широко используются для измерения и калиброванного ослабления мощности радиосигналов, взаимной развязки элементов трактов и уменьшения вносимых ими отражений, расширения пределов измерений и повышения чувствительности всех классов радиоизмерительных приборов. Для построения таких аттенуаторов широко используются пленочные поглощающие элементы (ПЭ) различной топологии на основе распределенных резистивных структур, отличающиеся от ПЭ с дискретными пленочными резисторами большей широкополосностью и температурной стабильностью, меньшей чувствительностью к точечным дефектам и неоднородностям, разбросу технологических параметров, большей устойчивостью к импульсным и температурным воздействиям.

В связи с интенсивным развитием технологии автоматизированного поверхностного монтажа и быстрым уменьшением габаритных размеров используемых чип-элементов возникает необходимость проектирования ПЭ широкого диапазона ослаблений в малых габаритах ($\approx 0,85 \times 0,85 \times 0,17$ мм). Отличительная особенность таких ПЭ - наличие охватывающих контактов на противоположных сторонах подложки [1].

Известные топологии пленочных ПЭ, разработанные ранее для построения волноводных, коаксиальных и полосковых аттенуаторов, оказываются малоприспособными для поверхностного монтажа в силу существенного усложнения технологического процесса изготовления. Имеющаяся топология ПЭ для поверхностного монтажа обладает рядом недостатков, прежде всего - неравномерным распределением плотности тока и мощности. Наиболее нагруженной является область вблизи входного контакта, где при повышении мощности происходит выгорание резистивного слоя и выход ПЭ из строя.

Повышение мощностных характеристик требует оптимизации топологий ПЭ для обеспечения более равномерного распределения плотности тока и выделяющейся мощности по поверхности резистивной пленки, снижения градиента потенциала вблизи входного контакта по методике, используемой в гидродинамике [2].

Проведена оптимизация топологии ПЭ, показаны количественные результаты оптимизации, полученные численным методом конечных элементов в программном комплексе Elcut. Приводятся графики распределения плотности тока, мощности и градиента потенциала, результаты расчета ослабления и входного/выходного сопротивлений имеющейся и оптимизированной топологий. Оптимальный профиль (близкий к эллипсу) аппроксимирован, для упрощения топологии ПЭ, частью окружности.

С уменьшением габаритов ПЭ возникает проблема реализации требуемого диапазона ослаблений. Для малогабаритных ПЭ предложена топология с кусочно-однородной резистивной пленкой, обеспечивающая весь необходимый диапазон ослаблений. Проведен расчет оптимизированных малогабаритных ПЭ, приведены графики зависимостей выходных

параметров ПЭ: ослабления и входного/выходного сопротивлений от геометрических размеров и удельного поверхностного сопротивления резистивной пленки.

Библиографический список

1. **Чижиков, С.В.** Анализ тенденций развития чип-резистивных СВЧ-аттенюаторов // Успехи современной радиоэлектроники. – 2017. – № 8. – С. 36–42.
2. **Полубаринова – Кочина, П.Я.** Теория движения грунтовых вод. – М.: Гос. изд-во техн. - теор. литературы, 1958. – 678 с.

УДК 621.396

ПИЛЬКЕВИЧ А.В., ФОМИНА К.С.

ПЛЕНОЧНЫЕ ПОГЛОЩАЮЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ ДЛЯ ВЧ И СВЧ АТТЕНЮАТОРОВ С УЛУЧШЕННЫМИ МОЩНОСТНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Волноводные, коаксиальные и микрополосковые аттенюаторы широко используются для измерения и калиброванного ослабления мощности радиосигналов, взаимной развязки элементов трактов и уменьшения вносимых ими отражений, измерения направленности, S-параметров СВЧ устройств, для формирования диаграмм направленности фазированных антенных решеток, для расширения пределов измерений и повышения чувствительности всех классов измерительных приборов [1].

Для построения таких аттенюаторов широко используются пленочные поглощающие элементы (ПЭ) различной топологии на основе распределенных резистивных структур, отличающиеся от ПЭ с дискретными пленочными резисторами большей широкополосностью и температурной стабильностью, меньшей чувствительностью к точечным дефектам и неоднородностям, разбросу технологических параметров, большей устойчивостью к импульсным и температурным воздействиям [2, 3].

Распределение плотности тока и мощности в известных топологиях ПЭ существенно неравномерно. Наиболее нагруженной является область вблизи входного контакта, где при повышении мощности происходит выгорание резистивного слоя и выход аттенюатора из строя.

Повышение мощностных характеристик требует оптимизации топологий ПЭ для более равномерного распределения плотности тока и выделяющейся мощности по поверхности резистивной пленки, снижения градиента потенциала вблизи входного контакта.

В прямоугольных ПЭ оптимизация заключается в нахождении такой формы входного/выходного контакта, граница которого является линией постоянного градиента потенциала. Такая задача решена в теории фильтрации при оптимизации подземного контура гидротехнического сооружения [4].

Полученная оптимальная форма контактов (близкая к эллипсу) аппроксимирована, для упрощения топологии ПЭ, частью окружности. Проведен расчет предложенных ПЭ численным методом конечных элементов в программном комплексе Elcut и аппроксимация полученных результатов. Достигнуто существенное (в разы) снижение градиента потенциала, неравномерности плотности тока и рассеиваемой мощности. Приведены графики распределения плотности тока, мощности, градиента потенциала, входного/выходного сопротивления, ослабления.

Аналогичная оптимизация с таким же результатом проводилась и для Т образных и инверсных им ПЭ. Проведен расчет предложенных оптимизированных ПЭ, приведены графики зависимостей выходных параметров ПЭ - ослабления и входного/выходного сопротивлений от геометрических размеров и удельного поверхностного сопротивления резистивной пленки.

Библиографический список

1. **Львов, А.Е.** Тонкопленочные полосковые аттенюаторы / А.Е. Львов, Л.Г. Рудоясова, Г.И. Шишков, В.В. Щербаков // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2014. – № 5. – С. 40–46.
2. **Шишков, Г.И.** Широкополосные фиксированные аттенюаторы // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 201. – № 1. – С. 110–114
3. **Чижиков, С.В.** Анализ тенденций развития чип-резистивных СВЧ-аттенюаторов // Успехи современной радиоэлектроники. – 2017. – № 8. – С. 36–42.
4. **Полубаринова – Кочина, П.Я.** Теория движения грунтовых вод. – М.: Гос. изд-во техн. - теор. литературы, 1958. - 678 с.

УДК 62-5

РУЖЬЕВ С.Г.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПРИБОРОВ

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Алексеева

Уровень сложности современных электронных приборов автоматики, применяемых при проведении исследований, значительно повысился благодаря применению микропроцессорной элементной базы, элементов памяти и интегральных микросхем. Высокая сложность и расширившиеся функциональные возможности электронных приборов автоматики привели к необходимости создания специальной контрольно-технологической аппаратуры нового поколения. Вследствие этого был разработан многофункциональный программно-управляемый адаптер, применяемый для настройки и диагностического контроля электронных приборов автоматики на стадиях их разработки и изготовления.

Адаптер разработан с учетом технических требований, методик и программ диагностического контроля проверяемых приборов. Адаптер реализован на отечественной элементной базе, имеет шинную архитектуру и модульный принцип построения. Все функциональные блоки адаптера выполнены в виде конструктивно законченных модулей, связанных между собой общим информационным каналом. Указанное построение адаптера позволяет проводить настройку и диагностический контроль электронных приборов автоматики с учетом всех требований, предъявляемых к характеристикам его входных и выходных сигналов.

Структурная схема комплекса диагностического контроля с применением Адаптера приведена на рис. 1.

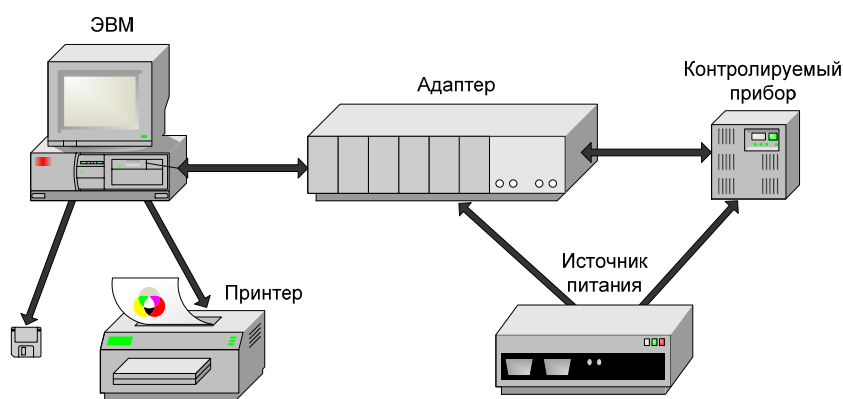


Рис. 1

Диагностический контроль приборов осуществляется в соответствии с управляющей программой. Адаптер выдает управляющие сигналы в контролируемый прибор и принимает из прибора ответы. Полученные сигналы после преобразования сравниваются с заданными и

результаты сравнения выдаются на экран монитора ЭВМ, используемой как средство индикации и протоколирования диагностической информации. Связь Адаптера с ЭВМ предоставляет возможность оперативного изменения управляющей программы, ввода управляющих команд непосредственно с клавиатуры ЭВМ, а также вывода результатов контроля на монитор ЭВМ в виде текстовой и числовой информации

Разработано соответствующее программное обеспечение Адаптера согласно [1], включающее следующие программы: монитор, компилятор языка высокого уровня PLO, интерфейс связи адаптера с ЭВМ, управляющую программу для проверки конкретного прибора.

-
1. **Перминов, О.Н.** Язык программирования Паскаль: справочник / О. Н. Перминов. – М.: Радио и связь, 1989. – 129 с.

УДК 621.396.96

ТКАЧЕВ В.И.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИМПУЛЬСНОГО РАДИОВЫСОТОМЕРА

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

Измеритель высоты является одним из основных приборов, входящих в оборудование современных летательных аппаратов (ЛА), причем он является не частью какой-либо системы, а автономным устройством ЛА.

В настоящее время наиболее широко используют радиовысотомеры, обладающие более высокой точностью по сравнению с барометрическими высотомерами.

Основными тактическими задачами, решаемыми с помощью радиовысотомеров, являются: пилотирование самолетов и вертолетов на всех этапах полета от взлета до посадки; дистанционные измерения рельефа земной поверхности и поверхности планет; датчики высоты различных применений.

В основу работы радиовысотомеров положен принцип отражения радиоволн от поверхности земли. Способность определять высоту или дальность, измеряя время распространения сигнала до цели и обратно, позволяют отнести радиовысотомеры к радиолокационным устройствам.

Появление беспилотных ЛА (БЛА) предъявило очень жесткие требования к радиовысотомерам как по габаритам, массе, так и потребляемой мощности, поэтому возникла задача спроектировать радиовысотомер на средние высоты $H_{\max} = 5000$ м.

Описана разработка схмотехнических и конструкторских решений по созданию импульсного радиолокационного измерителя высоты. Проектируемый дальномер предназначен для рельефометрического измерения подстилающей поверхности трассы полета летательного аппарата и решает задачу измерения высоты до подстилающей поверхности. Хотя радиодальномер построен по классической схеме, однако широкое использование современной элементной базы и средств цифровой обработки сигналов позволило значительно улучшить его характеристики.

В качестве зондирующего сигнала был выбран короткий радиоимпульс с заданной длительностью. При этом энергии сигнала вполне достаточно, чтобы производить измерения дальности с допустимой точностью и разрешающей способностью, не усложняя схему высотомера, например, нет необходимости использовать сложные сигналы типа ЛЧМ (с линейной частотной модуляцией).

С целью снижения габаритов узлов и дальномеров в целом, повышения его точностных характеристик до 0,1 м рабочая частота была повышена до 35 ГГц, а для обеспечения ремонтопригодности предложено выполнить радиовысотомер в виде моноблока.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ САМОРАЗОГРЕВА НА ВЫХОДНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПЛЕНОЧНОГО ПОГЛОЩАЮЩЕГО ЭЛЕМЕНТА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Волноводные, коаксиальные и микрополосковые аттенюаторы являются необходимыми узлами всех радиоприемных, телевизионных и измерительных устройств.

Для построения таких аттенюаторов широко используются пленочные поглощающие элементы (ПЭ) различной топологии на основе распределенных резистивных структур, отличающиеся от ПЭ с дискретными пленочными резисторами большей широкополосностью, меньшей чувствительностью к точечным дефектам и неоднородностям, разбросу технологических параметров, большей устойчивостью к импульсным и температурным воздействиям.

Исследования отмечают неравномерное распределение выделяющейся мощности и температуры по поверхности ПЭ. С учетом зависимости удельного поверхностного сопротивления резистивной пленки ρ от температуры это приводит к изменениям параметров ПЭ - входного и выходного сопротивлений и ослабления. Методика анализа и оценки такого влияния предлагается в настоящей работе. ПЭ имеют планарные выводы, подложку толщиной $\ell = 1, 0,5, 0,25, 0,127$ мм из поликора, нитрида алюминия с или без слоя алмаза толщиной 80-100 мкм и в полосковом варианте напаиваются (ПОС - 61 толщиной ≈ 10 мкм) на теплоотвод. Минимальные размеры площадки - $0,85 \times 0,85$ мм².

В анализе на наихудший случай (неустановившееся поле температур) условия посадки ПЭ в тракт и отвод тепла контактными площадками и элементами тракта можно не учитывать и решать задачу в двумерной постановке. В этом случае пленку ПЭ разбиваем на 40-80 подобластей с номерами ij неравномерной сеткой с учетом сильного изменения температуры на входе и особенно вблизи входного контакта. Зависимость удельного поверхностного сопротивления ρ_{ij} любой подобласти от температуры задается формулой

$$\rho_{ij} = \rho_{ij0}[1 + \alpha(T_{ij} - T_0)], \quad (1)$$

где ρ_{ij0} - удельное поверхностное сопротивление при температуре теплоотвода $T_0 = 25$ °С; T - текущая температура; $\alpha = \beta \cdot 10^{-5} + \gamma \cdot 10^{-8} T^2$ - температурный коэффициент ρ . Для используемых материалов пленок $1 \leq \beta \leq 10$, $1 \leq \gamma \leq 20$. Отметим этапы решения задачи.

1. Во всех подобластях ij задается $\rho_{ij} = \rho_{ij0}$ и вычисляются распределение мощности P_{ij} и температуры T_{ij} из отношения $P_{ij} = S_{ij}\lambda(T_{ij} - T_0)/\ell$, где S_{ij} - площадь ij подобласти; λ - коэффициент теплопроводности подложки. Поскольку торцы подложки теплоизолированы (нет металлизации), поле в подложке плоское.

2. По полученным температурам T_{ij} по (1) определяются ρ_{ij} каждой из подобластей и организуется итерационный процесс по методу нижней релаксации, т.е. значения ρ_{ijn} на n -й итерации в подобласти определяется окончательно из условия $\rho_{ij(n)} = \rho_{ij(n-1)} + \delta(\rho_{ij(n)} - \rho_{ij(n-1)})$, где $0 < \delta < 1$; $\rho_{ij(n-1)}$ - значение ρ_{ij} на $n-1$ итерации. Критерий окончания итерационного процесса - максимальная относительная погрешность потенциалов между двумя последовательными итерациями меньше 10^{-3} .

3. По полю потенциалов, соответствующему распределению ρ_{ij} , определяем параметры П-образной схемы замещения ПЭ в тракте с волновым сопротивлением $Z_0 = 50$ Ом, находим матрицу $\|A\|$ или $\|S\|$, входное $Z_{вх}$ и выходное $Z_{вых}$ сопротивления, ослабление g .

Для анализа в стационарном режиме требуется решение трехмерной задачи с учетом условий посадки ПЭ и зависимости удельного поверхностного сопротивления пленки ρ от температуры. После определения поля температур задача решается переходом к п. 3.

Конструирование и технология радиоэлектронной аппаратуры

УДК 621.3

ВОЛГИНА И.А.

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ УСТРОЙСТВА УСИЛИТЕЛЯ-ФОРМИРОВАТЕЛЯ ПОВЫШЕННОЙ НАДЕЖНОСТИ

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

Надежность – это свойство изделия выполнять заданные функции в определенных условиях эксплуатации при сохранении значений основных параметров в установленных пределах. Оценить качество конструкции – значит определить его уровень в сравнении с другим лучшим образцом среди иных. Качеством конструкции называется не одно, а совокупность свойств конструкции, обуславливающих ее способность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее значением. Так как устройство усилитель-формирователь применяется в летательной аппаратуре, то к нему предъявляются жесткие требования по надежности и долговечности. Поэтому разработка конструкции устройства усилителя-формирователя повышенной надежности является актуальной.

Усилитель-формирователь предназначен для выработки команд управления выходными реле исполнительного механизма. Данное изделие входит в состав блока управления.

Главный принцип работы устройства усилителя-формирователя основан на преобразовании входного сигнала управления в четыре управляющих сигнала выходными реле исполнительного механизма.

Для решения поставленной задачи была разработана новая электрическая принципиальная схема на основе прототипа, выполненная с использованием интегральных операционных усилителей типа К140УД6А, что обеспечивает выполнение требований повышенной надежности, предъявляемых к данному устройству.

Для повышения надежности была произведена замена элементной базы на более современную элементную базу и изменена конструкция электрической принципиальной схемы, за счет сокращения площади занимаемой радиоэлементами. Изменение конструкции устройства усилителя-формирователя позволило разместить два канала устройства на одной плате, что обеспечило сокращение трудоемкости затрачиваемой на изготовление устройства.

Для обеспечения качества конструкции, а именно, совокупности свойств конструкции, обуславливающих ее способность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее значением, был произведен расчет надежности по внезапным отказам. Проанализировав полученные результаты расчетов, был сделан вывод о том, что новая конструкция соответствует повышенным требованиям надежности и долговечности.

Библиографический список

1. **Левин В.И.** Логическая теория надежности сложных систем / В.И. Левин. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 88 с.
2. **Ушакова, И.А.** Надежность технических систем: справочник / И.А. Ушакова. – М.: Радио и связь, 1985. – 608 с.
3. ГОСТ 27.002 - 83 Надежность в технике. Термины и определения.
4. **Сотсков, Б. С.** Основы теории и расчета надежности элементов и устройств автоматики и вычислительной техники / Б. С. Сотсков. – М.: Высш. школа.

ГРАЧЕВ Р.В.

УПРАВЛЕНИЕ ВЫСОКОВОЛЬТНЫМ МОДУЛЯТОРОМ ЛИНЕЙНОГО РЕЗОНАНСНОГО УСКОРИТЕЛЯ

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

Блок предназначен для контроля и управления высоковольтным модулятором электрофизической установки. Блок позволяет задать значение напряжения на выходе высоковольтного модулятора и контролировать заданный уровень, а также управлять модулятором через дискретные оптоизолированные выходы и контролировать состояния высоковольтного модулятора: включение, выключение, состояние готовности, сброса, спящий режим.

Блок построен на базе микроконтроллера фирмы Microchip, семейства ATmega[1]. Контроллер периодически опрашивает АЦП фирмы Analog Device [2] и записывает принятое значение во временный регистр, который при необходимости можно считать по каналу RS-485. Чтение дискретных входов происходит в момент прихода команды чтения состояний модулятора. Для задания выходного напряжения предусмотрен ЦАП фирмы Analog Device, в паре с операционным усилителем преобразующий токовый сигнал с ЦАП в выходное напряжение. Управление выходными дискретными сигналами происходит в момент прихода команды по шине RS-485.

Разрядность АЦП по рекомендации производителя ограничивается старшими 16 битами, разрядность ЦАП составляет 16 бит, все аналоговые значения напряжения задаются и измеряются в диапазоне от 0 до 5В. В устройстве имеется шесть дискретных оптоизолированных выходов управления внешними исполнительными устройствами, и дискретные входы для контроля за состоянием устройства. Предусмотрены дискретные выходы для формирования сигналов пуска модулятора, в соответствии с командами, поступающими по оптическому каналу RS-485.

Прибор выполнен в металлическом герметичном корпусе, обеспечивающий защиту внутренних схем от электромагнитных помех, что приводит к нестабильной работе установки. Для контроля за состоянием и управлением блока предусмотрен оптический канал связи, обеспечивающий гальваническую развязку интерфейса RS-485 и позволяющий осуществить прокладку интерфейсного кабеля в непосредственной близости от силовых кабелей. Это не приведет к нестабильной работе оборудования пульта управления из-за возможности передачи пульсаций напряжения по кабелю в контур электропитания пульта управления установки и позволит размещать блок цифрового управления на расстоянии до 1000 м от компьютера с управляющей программой.

Для удаленного контроля за состоянием внутренних частей блока предусмотрен режим самодиагностики, при котором проверяются все аналоговые схемы устройства в момент подачи на него напряжения. Для питания устройства необходим внешний источник питания с диапазоном выходного напряжения от 9 до 35 Вольт с током не более 250 мА.

Библиографический список

1. Документация на микроконтроллер фирмы Microchip Atmega 324 <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATmega324P>. – 444 с.
2. Документация на АЦП фирмы Analog Device <http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD820.pdf>. –25 с.

ДАНИЛИН И.В.

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ КОММУТАЦИОННОГО УСТРОЙСТВА ПОВЫШЕННОЙ НАДЕЖНОСТИ

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

В настоящее время конструирование и технология радиоэлектронных средств, обладающих высокими техническими и эксплуатационными характеристиками, представляет сложный комплекс взаимосвязанных задач, решение которых возможно на основе системного подхода с использованием знаний в области современной технологии с применением современных средств и систем проектирования. Радиоэлектронные средства характеризуются набором параметров, которые задаются техническим заданием на разработку изделия. Реализация этих параметров в эксплуатации зависит как от общего комплекса дестабилизирующих факторов условий эксплуатации (климатических, механических и пр.), так и от качества разработки и технологии производства. Поэтому разработка конструкции коммутационного устройства повышенной надежности является актуальной.

Главный принцип работы коммутационного устройства основан на усилительных свойствах биполярных транзисторов. В настоящее время в электромеханическом приводе используются четыре коммутационных устройства (по одному на каждый выходной вал) на основе силовых биполярных транзисторов.

Для решения поставленной задачи была разработана новая электрическая принципиальная схема на основе прототипа с использованием полевых транзисторов типа 2П767В, что обеспечивает выполнение требований повышенной надежности, предъявляемых к данному устройству. При переходе к полевым транзисторам основная трудность заключается в том, что транзистор управляющий форсажным каскадом имеет включение с общим стоком, в отличие от всех остальных, из-за чего для его открытия необходимо использовать другой метод. Для решения этой проблемы можно воспользоваться сравнительно новым способом управления силовыми транзисторами, называемым бутстрепным.

За счет существенного сокращения электрической принципиальной схемы устройства площадь на плате занимаемая радиоэлементами значительно сокращается, что позволяет разместить два функциональных узла на одной плате. Замена элементной базы на более современную также обеспечивает повышенную надежность устройства. Таким образом, происходит сокращение трудозатрат на технологию изготовления коммутационного устройства.

Одним из обязательных пунктов конструирования нового устройства является расчет его надежности. Для анализа надежности старой и новой конструкции были произведены расчеты надежности по внезапным отказам окончательным методом. Проанализировав результаты расчетов, был сделан вывод о том, что время средней наработки на отказ увеличивается приблизительно на 5000 ч, что свидетельствует о повышении надежности устройства.

1. **Семенов, Б.Ю.** Силовая электроника: от простого к сложному / Б.Ю. Семенов. – М.: СОЛОН-Пресс, 2005. – С. 332–342.

ИВАНОВА Ю.А.

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ БОРТОВОГО БЛОКА КОНТРОЛЯ АВИАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА

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

Основной задачей при разработке конструкции бортового блока контроля авиационного комплекса является снижение его объема, веса, уменьшение потребляемой мощности, а также автоматизация процессов навигации и пилотирования.

Средства контроля позволяют записать и сохранить необходимые данные об условиях

проведения полета, параметрах движения и состояния летательного аппарата, техническом состоянии его силовых агрегатов и оборудования, действиях летного состава по управлению летательным аппаратом. Бортовые устройства регистрации только записывают нужные параметры, но не позволяют проводить их анализ на борту летательного аппарата. Анализ параметров осуществляется после проведения полетного задания, в процессе проведения экспресс-оперативной обработки на земле. Широкое внедрение бортовых устройств регистрации происходило при опытно-испытательных полетах летательных аппаратов всех типов и видов.

Целью работы являлся разработка конструкции блока контроля на основе прототипа с применением современных принципов построения аппаратуры. Прототипом прибора является блок контроля БК-1. Разработка конструкции блока контроля предназначено для контроля условий работы бортовой аппаратуры в составе авиатехники.

Разработанная конструкция блока полностью соответствует требованиям технического задания. Элементы выполнены на современной отечественной базе, что позволило сократить количество элементов, повысить ремонтпригодность, вибро-и ударостойкость прибора.

При проектировании блока контроля был произведен анализ технического задания, описана конструкция прототипа, обоснован выбор конструкторских решений, произведены конструкторские расчеты (расчет геометрических параметров печатного монтажа, расчет прочности элементов крепления, расчет собственных частот печатных плат). Рассмотрен вопрос охраны труда и техники безопасности.

УДК 536.216.3; 621.396.69

КАРДАПОЛЬЦЕВ И.С.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАЗБРАКОВКИ ИЗДЕЛИЙ РЭС НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ МАТЕМАТИКИ

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

Рассматривается методика разбраковки изделий РЭС с использованием метода распознавания образов. При этом эффективность распознавания повышается за счет использования алгоритма основанного на принципе нечеткой математики. Предлагаются варианты повышения эффективности распознавания за счет нахождения экстремума погрешности проверочных точек и на основе планирования эксперимента. Рассмотрен конкретный пример отбраковки изделий по экспериментальным данным паяных соединений печатных узлов.

Проблема повышения качества и надежности изделий РЭС является на современном этапе наиболее актуальной и охватывает все области их изготовления и применения. При этом для повышения экономической эффективности контроля качества РЭС определяющую роль играют методы распознавания образов. Большое значение при использовании данных методов имеет требования к точности распознавания, то есть к допустимой вероятности ошибок.

Вопросы о выборе опорных функций, структуры и параметров модели можно решить, задав минимум критериев. В настоящее время в качестве критериев служит проверочная выборка. В работе показано, что за счет изменения состава обучающей выборки можно существенно (иногдакратно и даже на порядок) снизить погрешность проверочной выборки. Еще более существенного снижения погрешности имеет место при использовании переменной обучающей выборки.

Целью данной работы является повышение качества печатных узлов за счет изменения состава обучающей выборки и, как следствие, повышения эффективности распознавания нестандартных изделий. При этом используется известный метод распознавания образов на основе нейросетей, повышение эффективности распознавания которого осуществляется за счет нахождения экстремума погрешности проверочных точек.

В работе используются данные обучающего эксперимента. За основу взята выборка, состоящая из 50 экспериментов паяных соединений. Прогнозируемый параметр - поверхностное сопротивление изоляции. При поверхностном сопротивлении изоляции равном и менее $1 \cdot 10^9$ Ом

- изделие принималось как негодное. При поверхностном сопротивлении изоляции более $1 \cdot 10^9$ Ом - годное. Поверхностное сопротивление изоляции в данном случае является выходной переменной. Входными переменными являются вязкость, клейкость и кислотное число.

Библиографический список

1. Бир, С. Кибернетика и управление производством / С. Бир. – М.: Наука, 1965. – 391 с.
2. Качалов, О.Б. Методы снижения погрешности аппроксимирующих зависимостей / О.Б. Качалов, Н.П. Ямпурин // Международная научно-техническая конференция «АНТЭ-2013», сборник докладов. – 2013. – С. 200–203.
3. Качалов, О.Б. Разработка прогнозной модели качества приборов на основе экстремума погрешности / О.Б. Качалов, М.И. Чанова, Н.П. Ямпурин // Сборник докладов всероссийской научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Р.Е. Алексеева. – Н. Новгород, 2016. – С. 514– 517.

УДК 62

ЛЕБЕДИНСКИЙ П.А.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВИБРОСТЕНДА ИЗМЕРЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ПОПЕРЕЧНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПЬЕЗОАКСЕЛЕРОМЕТРА

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

Одной из важнейших задач, стоящей перед машиностроением, является диагностика состояния вращающихся частей машин, в том числе и крупногабаритного оборудования, разрушение которого может привести к техногенным катастрофам. Для предотвращения таких событий в последнее десятилетие усиленное развитие получили работы по вибрационному мониторингу скорости их развития.

В последние годы многие ведущие производители пьезоакселерометров, такие как ГлобалТест, Брюль и Къер, стараются создать технологию для уменьшения погрешности измерения физических величин. Основным назначением средств вибрационного мониторинга является обнаружение необратимых изменений вибрации оборудования.

Основной вклад в погрешность виброизмерительных систем и приборов вносят именно первичные преобразователи. Обеспечение требуемой точности является сложной задачей и решается как усовершенствованием технологии производства акселерометров, так и более тщательным контролем их параметров.

Одной из основных характеристик пьезоакселерометров, влияющих на погрешность измерения ускорения, является относительный коэффициент поперечного преобразования, который приводится в технической документации на каждый датчик. Определение индивидуальных характеристик является весьма сложной и трудоемкой задачей с применением дорогостоящего оборудования. Реальные характеристики для конкретных датчиков могут существенно отличаться от типовых, а их знание существенно повысить точность измерений вибрационных процессов.

Целью данного дипломного проекта является разработка установки для определения относительного коэффициента поперечного преобразования акселерометров.

В ходе выполнения данной дипломной работы:

1. разработана функциональная и принципиальная схемы установки;
2. разработана специализированная универсальная насадка для крепления датчиков;
3. собрана и введена в опытную эксплуатацию установка для определения относительного коэффициента поперечного преобразования пьезоакселерометров;
4. проведены сравнительные испытания установок;
5. по результатам испытаний сделан вывод о пригодности установки и намечены работы по внесению установки в Государственный реестр средств измерений;
6. определены мероприятия по обеспечению безопасности и сохранения здоровья рабочего персонала в процессе выполнения работ на установке.

ПАТЬКИНА Т.А.**КОЛЛЕКТИВ РЕШАЮЩИХ ПРАВИЛ ПРИ ОТБРАКОВКЕ ИЗДЕЛИЙ РЭС**

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

Давно известны приемы повышения качества принимаемых решений, состоящие в объединении специалистов той или иной области знаний в коллектив, вырабатывающий совместное решение. Идею коллективного решения можно применить и к «коллективу» формальных алгоритмов, что позволит повысить эффективность решения многих задач.

Это понятие мы применим к отбраковке изделий РЭС. Имея исходные данные в виде матрицы, мы используем иерархический кластерный анализ. Смысл иерархического кластерного анализа заключается в следующем. Перед началом кластеризации все объекты считаются отдельными кластерами, которые в ходе алгоритма объединяются. Вначале берется N объектов и между ними попарно вычисляются расстояния. Далее выбирается пара объектов, которые расположены наиболее близко друг от друга, и эти объекты объединяются в один кластер. В результате количество кластеров становится равным $N-1$. Процедура повторяется, пока все классы не объединятся. На любом этапе объединение можно прервать, получив нужное число кластеров. Таким образом, результат работы алгоритма агрегирования определяют способы вычисления расстояния между объектами и определения близости между кластерами.

Целью данной работы является изучение методики разбраковки изделия РЭС на основе коллектива решающих правил.

В программе MATLAB будем использовать следующий код:

$T = \text{clusterdata}(B, \text{CUTOFF})$, где clusterdata – конструирование кластеров из данных.

B – матрица размера $M * N$, где M – число наблюдений и N – число признаков. CUTOFF – максимальное число классов. Выходная величина T – вектор размера M , содержащий номер кластера для каждого наблюдения.

$T = \text{clusterdata}(B, \text{'параметр'}, \text{значение1}, \text{'параметр2'}, \text{значение2}, \dots)$ – позволяет задать больше информации через пары параметры/значения.

Для рационального использования особенностей различных алгоритмов при решении задач распознавания возможно объединить различные по характеру алгоритмы распознавания в коллективы, формирующие классификационное решение на основе правил, принятых в теории коллективных решений. В данном случае под различными алгоритмами подразумеваются, алгоритмы основанные на евклидовом расстоянии, стандартизированном евклидовом расстоянии, расстоянии городских кварталов и т.д.

Результаты исследования показали, что все пять использованных моделей дают высокую эффективность распознавания годности/ не годности изделий.

Библиографический список

1. Шумских, И.Ю. Обучающий эксперимент при прогнозировании качества и надежности паяных соединений / И.Ю. Шумских, С.В. Тюлевин // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. – 2011. Вып. № 7(31). – С. 69–76.
2. Шумских, И.Ю. Прогнозирование показателей качества микросхем методом классификации с оценкой значимости признаков И.Ю. Шумских, М.Н. Пиганов.

РЫЖУХИН В.В.**КЛАССИФИКАЦИЯ И МЕТОДИКА АНАЛИЗА ПРИЧИН ЛОЖНЫХ СРАБАТЫВАНИЙ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОХРАНЫ**

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

В работе были рассмотрены вопросы ложных срабатываний технических средствах охраной сигнализации: классификация и методика анализа причин ложных срабатываний технических средств охраны.

Системой охранной сигнализации называют совокупность совместно действующих технических средств обнаружения проникновения (попытки проникновения) на охраняемый объект, сбора, обработки, передачи и представления в заданном виде информации о проникновении (попытки проникновения) и другой служебной информации [1].

Система охранной сигнализации выполняет задачи своевременного оповещения службы охраны о факте несанкционированного проникновения или попытке проникновения людей в здание или его отдельные помещения с фиксацией даты, места и времени нарушения рубежа охраны.

Ложным срабатыванием называется сформированное техническими средствами охранной сигнализации извещение о нарушении на объекте при отсутствии явных признаков, характеризующих эти события. Таким образом, под ложным срабатыванием технического средства охранной сигнализации понимается любое тревожное извещение, вызванное сбоями (отказами) аппаратуры или другими событиями, не связанными с попытками проникновения на охраняемый объект.

Уменьшение числа ложных срабатываний, а следовательно, повышение эффективности функционирования подразделений охраны представляет собой сложную комплексную проблему, включающую в себя вопросы повышения помехоустойчивости и надежности технических средств охранной сигнализации, как на этапе разработки и серийного производства, так и на этапе эксплуатации. Достаточно ответственным этапом по обеспечению требований помехоустойчивости и надежности является этап разработки и серийного производства. От того, насколько всесторонне учтены при проектировании условия производства и эксплуатации аппаратуры, в конечном счете зависит эффективность ее функционирования.

Развитие технических средств охранной сигнализации происходит исключительно быстрыми темпами. Это в основном обусловлено бурным развитием микро и оптоэлектроники, микропроцессорной и вычислительной техники. За последнее десятилетие на базе комплекса проведенных теоретических и экспериментальных исследований создан целый ряд извещателей, приемно-контрольных и систем передачи извещений с расширенными тактико-техническими характеристиками, улучшенными методами обнаружения и способами обработки информации. Несмотря на это, проблема ложных срабатываний сигнализации остается в настоящее время одной из основных причин, снижающих эффективность охраны.

Таким образом, анализ причин ложных срабатываний показывает, что большинство из них происходит из-за неудовлетворительного технического состояния аппаратуры охранной сигнализации на охраняемых объектах, серьезных упущений в организации работы электромонтеров и инженерно-технических работников подразделений охраны.

-
1. **Лепешкин, О. М.** Комплексные средства безопасности и технические средства охранной сигнализации / О. М. Лепешкин, В. В. Копытов, А. П. Жук. – М.: Гелиос - АРВ, 2009. – 288 с.

УДК 621.3.056.3

ТОКМЯНИНА И.В.

РАЗРАБОТКА СОГЛАСУЮЩЕГО УСИЛИТЕЛЯ ДЛЯ УСТРОЙСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ

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

В настоящее время к изготавливаемым пьезоакселерометрам и вибропреобразователям предъявляются повышенные требования. При этом потребности производства требуют замены или модернизации оборудования применяемого для градуировки и совершенствования методов контроля метрологических характеристик пьезоакселерометров.

Одно из таких требований – учет коэффициента чувствительности к деформации. Поскольку конструкций пьезоакселерометров и вибропреобразователей большое количество, то

типовая программа государственных приемочных испытаний не может учесть все особенности различных конструкций и принципов действия. Поэтому каждое конструктивное решение датчиков необходимо исследовать, в том числе определять коэффициент влияния деформации основания виброизмерительных преобразователей.

На сегодняшний день в большинстве случаев измерение коэффициента влияния деформации основания определяют расчетным методом. Для создания деформации используют консольную балку, описанную в ГОСТ ИСО 5347-0-95. На расстоянии 40 мм от закрепленного конца балки должна создаваться деформация 250 мкм/м. Точность измерений коэффициента влияния деформации составляет 5 %.

Для уменьшения методической погрешности измерения коэффициента влияния деформации и определения действительного значения создаваемой деформации в основании балки было решено разработать устройство измерения деформации.

Измерение деформации с помощью тензорезистивных преобразователей – одно из самых сложных в технике электрических измерений. Сложность определяется малым диапазоном изменения сопротивления тензорезистора под воздействием деформации. Изменения сопротивления тензодатчика чрезвычайно малы и составляют для 100-Ом датчика около 0,0002 Ом на деформацию 1 мкм/м. Таким образом, деформация 1000 мкм/м (соответствующая приращению напряжения в стали примерно 200 МПа) изменяет сопротивление 100 Ом датчика на 0,2 Ом. Для преобразования столь малых изменений сопротивления в выходные сигналы напряжения, которые могут регистрироваться, в измерительных приборах широко используется в основном мостовая схема [1].

Для снятия сигнала с измерительного моста необходимо использовать согласующий усилитель. Усилитель предназначен для работы в лабораторных условиях в составе системы измерения деформации с датчиками КФ5, в качестве двухканального согласующего усилителя.

Усилитель представляет собой два полностью независимых идентичных канала усиления объединенных в одном корпусе. Каждый канал усиления размещен в индивидуальном отсеке и закрывается крышкой с помощью четырех винтов. На передней панели усилителя размещены разъемы для подключения датчиков ВХОД I и ВХОД II, кнопки включения режима калибровки ТЕСТ и светодиодные индикаторы включения питания и режима калибровки. Индикатор включения питания расположен над входным разъемом. Индикатор включения режима калибровки расположен над кнопкой ТЕСТ. На задней панели усилителя расположены выходные разъемы и разъемы подключения питания.

-
1. **Мехеда, В.А.** Тензометрический метод измерения деформаций / В.А. Мехеда. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2011. – 56 с.

УДК 62

ФИЛЬЧАГИН В.Н.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ДИАГНОСТИКИ И УЧЕТА НЕИСПРАВНОСТЕЙ СИСТЕМЫ УЛИЧНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

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

Системы освещения улиц и автомагистралей играют важную роль в обеспечении комфорта и безопасности граждан. Перед разработчиками современных систем автоматизированного управления уличным освещением стоят следующие основные задачи:

- обеспечить бесперебойным освещением, общественные и промышленные территории, автотрассы и прочие объекты инфраструктуры;
- обеспечить экономию электроэнергии, затрачиваемой на освещение;
- обеспечить минимизацию затрат на техническое обслуживание;

Сегодня бесперебойное освещение часто обеспечивается с помощью экономических

рычагов: организации, ответственные за уличное освещение, платят штрафы за превышение нормативного количества неисправных ламп на своей территории. Таким образом, противоречивые задачи минимизации расходов и оптимизации качества услуг приводятся в равновесие. Однако такой способ неэффективен в условиях промышленного предприятия, самостоятельно обеспечивающего освещение своих территорий.

Автором была рассмотрена возможность автоматизации диагностики и учета неисправностей системы уличного освещения производственного предприятия. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: выбор метода автоматизации; выбор коммутационных аппаратов; разработка программного обеспечения для диагностирования, сбора и хранения информации.

До настоящего времени вопросы автоматизации диагностики и учета неисправностей систем освещения проработаны недостаточно, отсутствуют на рынке комплексные программно-аппаратные продукты для ее организации [1]. Для реализации проекта лучше всего подходят системы SCADA. Они многофункциональны и способны решить множество задач: обмен данными с промышленными контроллерами, логическое управление потоками данных, управление технологическими процессами и их интеграция со сторонними системами компании.

Для реализации автоматизированной системы диагностики могут быть использованы следующие SCADA-системы, включают три основных структурных компонента [2]:

- Remote Terminal Unit (RTU) – удаленный терминал, подключающийся непосредственно к контролируемому объекту и управление в режиме реального времени;
- Master Terminal Unit (MTU), Master Station (MS) – диспетчерский пункт управления (терминал), который осуществляет обработку данных и управление высокого уровня и обеспечивает человеко-машинный интерфейс между человеком-оператором и системой;
- Communication System (CS) – коммуникационная система (каналы связи) между RTU и MTU. Она используется для передачи между удаленными точками (RTU) и диспетчерским пунктом управления (MTU). В качестве коммуникационной системы можно использовать различные проводные и беспроводные каналы связи.

В результате сравнительного анализа, было принято решение об использовании системы Master Terminal Unit (MTU), Master Station (MS).

Библиографический список

1. <http://pandia.ru/te>.
2. <https://simple-scada.com>.

УДК 621.396.69

ШАНДРО В.А.

РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ РАДИОЭЛЕМЕНТОВ

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

Большой объем информации, имеющейся в распоряжении разработчиков (интернет, базы данных, прайс-листы торговых представителей и т.д.) по элементной радиоэлектронной базе, приводит к большим временным затратам при выборе оптимальных решений проектирования. Использование экспертной поисковой системы в виде базы данных радиоэлектронных средств не только упростит поиск необходимых радиоэлементов, но и позволит принять оптимальное решение.

Система принятия решений "Радиокомпоненты" – это не только хранилище данных об имеющихся у пользователя радиокомпонентах, деталях, материалах, инструментах и т.п., а также их параметрах, аналогах, местах хранения, об операциях движения имущества, о создан-

ных конструкциях, а также сопутствующей информации: о корпусах приборов, производителях, поставщиках/получателях и т.п. Информация хранится как в текстовом, так и в графическом виде (изображения внешнего вида компонентов, цоколевки, мест хранения и т.д.).

База данных позволяет работать с данными о компонентах и вспомогательной информацией: просматривать, добавлять, редактировать, удалять данные, выполнять сортировку, поиск и выборку нужных данных, оперативно просматривать список операций движения для любого компонента, автоматически корректировать количество имущества при сохранении информации о его движении, быстро открывать даташиты компонентов, делать выборку данных согласно состоянию дерева классификации компонентов, а также по другим критериям, создавать и распечатывать список закупок для компонентов, число которых уменьшилось ниже заданного порога, выполнять экспорт и импорт основных данных, в том числе - из файлов спецификаций, формируемых системами автоматического проектирования.

В программном приложении использованы: запросы на изменение данных в таблицах БД, удаление записи из таблицы, добавление записи в таблицу, обновление поля в одной записи таблицы, запрос на выбор информации из нескольких таблиц, запрос на поиск необходимой информации.

Использование программного продукта «Радиодетали» очень важно для учета количества и типов радиодеталей. Она позволяет четко следить за количеством и местонахождением деталей. Эти данные хорошо использовать при инвентаризации радиодеталей. Программа также может помочь определить факты краж радиодеталей.

УДК 004.891

БЖЕЛЬНИКОВ Е. В., КУЛИГИНА Н.О.

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА БАЗЕ MICROSOFTSHAREPOINT 2013

Дзержинский политехнический институт НГТУ

Каждое предприятие нуждается в быстром обмене информацией между её сотрудниками. Качественно принятые решения в процессе проектирования и реализации информационных систем, автоматизирующих информационные потоки предприятия, повышают эффективность производительности труда и, в конечном итоге, увеличивают прибыль компании. Вышеизложенную задачу лучше всего решает развёртывание корпоративного портала в локальной сети предприятия.

Корпоративный портал – это веб-интерфейс, предоставляющий сотрудникам доступ к корпоративным данным фирмы; «виртуальный офис», который позволяет сотрудникам обмениваться информацией, документами, добавлять, изменять, удалять, а главное, – совместно работать. Каждая фирма снабжает свой корпоративный портал разнообразным специфическим функционалом под потребности бизнеса. Некоторые компании самостоятельно разрабатывают индивидуальный и уникальный корпоративный портал для работы.

MicrosoftSharePoint – система построения корпоративных порталов и документооборота, созданная с целью настройки для решения конкретных производственных задач и удовлетворения конкретных организационных потребностей. Программное обеспечение для совместной работы MicrosoftSharePoint предоставляет возможность корпоративного масштабирования для удовлетворения критически важных для бизнеса потребностей, таких как управление данными и бизнес-процессами, упрощение способов поиска, обмена информацией и принятия обоснованных решений. Он сконструирован как полноценное решение управления документами, порталом совместной работы, рабочим пространством для корпоративного сайта, общедоступным веб-сайтом, средой совместной работы с внешними партнёрами.

MicrosoftSharePoint предоставляет готовые решения, обладающие набором всех необходимых инструментов разработки корпоративного портала. Разрабатываемые сайты на основе MicrosoftSharePoint могут выполнять функции хранилища информации, знаний и документов, решать задачи интеграции и взаимодействия веб-приложений с разной целевой направленностью и включает в себя следующие программные продукты и компоненты:

- набор веб-приложений для организации совместной работы;
- функциональность для создания веб-порталов;
- модуль поиска информации в документах и информационных системах;
- функциональность управления рабочими процессами и систему управления содержанием масштаба предприятия;
- модуль создания форм для ввода информации;
- функциональность для бизнес-анализа.

Эта система решает проблемы обмена информацией, вовлеченности в общие процессы, упорядочивания и уменьшения документооборота, позволяет упорядочить потоки информации на предприятии, облегчить общий доступ к важным данным, обеспечить простой

поиск в различных форматах документов и предоставить наиболее востребованные разделяемые ресурсы типа актуальных справочников контактов сотрудников и их должностей, т.е. прозрачной структуры организации. SharePoint реализует возможность построения довольно гибких центров внутренней документации и хранения отчетности во всевозможных форматах от любых подразделений предприятия.

SharePoint имеет ряд редакций, различающихся возможностями. Всего существует три редакции:

- SharePoint Foundation – базовая версия – предназначена для малого бизнеса, бесплатна при наличии лицензии на Windows Server. Предоставляет базовую инфраструктуру для совместной работы: редактирование, хранение документов, контроль версий и т. д. Также он включает в себя такую функциональность, как «маршруты» движения документов (платформа для документооборота), списки заданий, напоминания, онлайн-дискуссии;

- SharePoint Server Standard – надстрой канад MS SharePoint Foundation, расширяющая его возможности. В нём расширена коллекция шаблонов сайтов, добавлены коннекторы к внешним системам и БД для визуализации бизнес-логики и отображения всевозможных отчетов, добавлена новая серверная роль фермы рабочих процессов (Workflow), синхронизация внутренних профилей SharePoint с Active Directory и другой функционал, востребованный в среднем и большом бизнесе;

- SharePoint Server Enterprise – максимальная версия – рассчитана на крупные компании, обладает еще большей интеграцией с внешними источниками данных, расширенными возможностями поиска (например, умеет искать внутри видеофайлов), еще более расширена коллекция шаблонов для сайтов, функционал для со-здания целых порталов отчетов (Business Intelligence Center).

Редакции Microsoft SharePoint различаются набором приложений-служб, доступных на странице управления приложениями в центре администрирования. Приложение-служба предоставляет набор функций, которые можно совместно использовать во всех сайтах фермы или даже в нескольких фермах; их можно включить или отключить на уровне веб-приложений.

Многие приложения-службы относятся к приложениям Microsoft Office: Access Services, Excel Services, Visio Graphics и Word Automation Services. Они могут пригодиться в организациях, которым нужна более тесная интеграция с такими приложениями Microsoft Office, как Excel, Visio и Access.

Служба Access Services позволяет пользователям создавать базы данных Access, а также таблицы, формы и отчеты, и затем публиковать их в семействе сайтов SharePoint Server Enterprise (если в нем включены возможности Enterprise), создавая для этой базы новый сайт. Пользователи такого сайта могут обращаться к данным, хранящимся в таблицах, добавлять новые данные и просматривать, и изменять таблицы, формы и отчеты.

Служба Excel Services позволяет пользователям Excel публиковать рабочие листы или именованные объекты в рабочем листе в библиотеках семейств сайтов SharePoint Server Enterprise (если там включены возможности Enterprise). В отличие от Access Services, такое взаимодействие ограничено, однако пользователи могут открыть рабочую книгу в Excel и загрузить на свой компьютер снимок или копию. Ячейки могут быть открыты для ввода пользовательских данных, но введенные данные не сохраняются в рабочей книге. В последних версиях SharePoint в приложении-службе Excel Services появилось средство Slicer – фильтр данных нового вида, позволяющий пользователям Excel записывать модели данных OLAP и создавать на их основе интерактивные отчеты. Отчеты можно публиковать с помощью Excel Services и работать с ними так же, как и в клиенте Excel.

Служба Graphics Service позволяет пользователям совместно использовать и просматривать диаграммы Microsoft Visio и поддерживает различные подключения к данным: SQL Server, рабочие книги Excel из той же фермы, списки серверов SharePoint и подключения OLEDB и ODBC. Это превращает Visio из “просто красивой картинкой” в управляемый данными визуальный ресурс, который обладает в организации гораздо большей ценностью.

Служба WordAutomationServices позволяет выполнять на сервере автоматическое преобразование файлов, которые можно открыть в Word — .docx, .doc, .rtf, .mht и .xml – в форматы PDF и XPS.

Разработка корпоративных порталов ведётся с использованием приложения SharePointDesigner, который, в свою очередь, предоставляет возможность работы с несколькими типами данных, такими как различные списки и библиотеки документов. Алгоритмы работы с этими типами данных реализуются без применения языков программирования. Вместо этого используются рабочие процессы (workflow), которые применяются к событиям, происходящим со списками, библиотеками и их элементами.

SharePointDesigner включает в себя новый способ разработки рабочего процесса – визуальный конструктор (рис. 1). С его помощью можно создавать рабочие процессы, перетаскивая фигур в область конструктора. Для работы с визуальным конструктором приложение Visio должно быть установлено на том же компьютере, что и SharePointDesigner.

Область Фигуры в левой части содержит фигуры рабочего процесса, которые можно перетаскивать в область конструктора для создания рабочего процесса. Ниже приведены три категории фигур, доступных для создания рабочего процесса.

Действия: определенные действия, которые могут выполняться рабочим процессом. В числе примеров: вызов веб-службы HTTP, добавление комментария и обновление списка.

Компоненты: общие компоненты, которые можно добавить для реализации структурированной среды для действий рабочего процесса. В числе примеров: контейнер стадии, цикл с условиями и фигура начала рабочего процесса.

Условия: фигуры условной логики, которые можно использовать для предоставления пути рабочего процесса на основе определенных критериев. В числе примеров: проверка, равно ли одно значение другому, проверка того, является ли пользователь допустимым пользователем SharePoint, и проверка того, был ли элемент создан в определенном диапазоне дат.

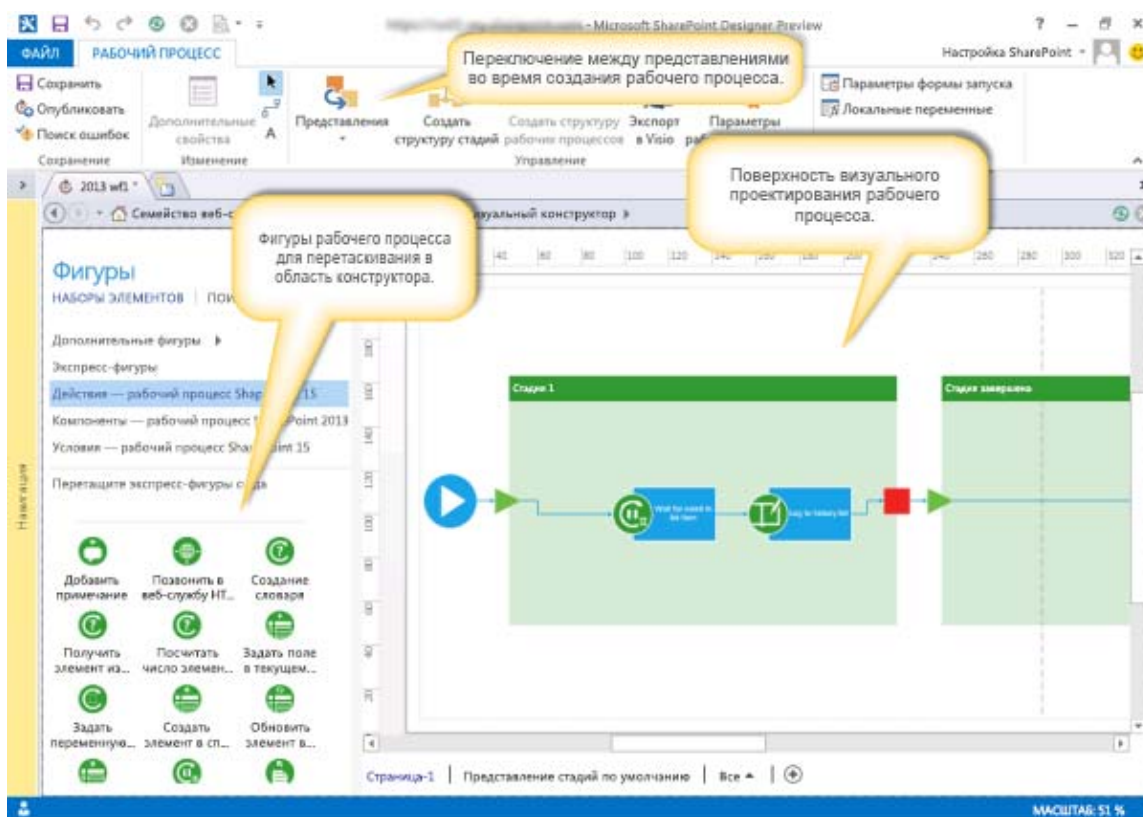


Рис. 1. Интерфейс визуального редактора SharePointDesigner

Таким образом, MicrosoftSharePoint объединяет возможности традиционного управления контентом, социальных сетей и поиска, предоставляя единую платформу для управле-

ния корпоративным контентом, доступную каждому сотруднику. Такие возможности позволяют решить все основные задачи любого предприятия и оптимизировать имеющиеся бизнес-процессы.

УДК 004.722

ЕФРЕМОВ М.Н.

АЛГОРИТМЫ МАРШРУТИЗАЦИИ, ОСНОВАННЫЕ НА РИСКАХ

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

В настоящее время существует множество систем, помогающих пользователям в принятии решений в различных сферах жизни. Одним из типов таких систем являются навигационные системы. Главное предназначений навигационных систем состоит в построении маршрутов с заданными характеристиками. Построение маршрутов можно использовать внутри городов, когда алгоритмы маршрутизации учитывают текущее состояние транспортных заторов в городе и вычисляют маршруты, следование которыми займет меньшее время.

Данная работа посвящена разработке алгоритмов маршрутизации с использованием понятия рисков.

Ситуации на дорогах в городе можно описать с точки зрения множества событий, рассматриваемых как риски с заданными вероятностными характеристиками [1]. Основным риском, с которым сталкиваются водители при движении, является риск задержки в пути. Данный риск зависит, в свою очередь, от рисков попадания в дорожно-транспортное происшествие (ДТП) или нахождения недалеко от мест, где произошло ДТП, рисков переполнения дорог и рисков попадания в неблагоприятные фазы светофоров. Риски, связанные с ДТП, состоят как из непосредственно рисков попасть в ДТП, так и из рисков испытать негативное воздействие ДТП в виде уменьшения пропускной способности дорожной сети. ДТП возникает по следующим причинам: несоблюдение скоростного режима, нарушение правил проезда перекрёстков, выезд на встречную полосу, алкогольное опьянение, нарушения пешеходов, плохие дороги, неисправные транспортные средства (ТС).

Для того, чтобы нивелировать риски задержки в пути, нужно сократить вероятность тех событий, от которых они зависят. Риски, связанные с возникновением ДТП, могут быть уменьшены путём снижения вероятности причин, из-за которых они происходят. Автоматические камеры, выписывающие штраф за превышение скорости, могут помогать поддерживать требуемую скорость движения транспортного потока на заданном участке, вероятности ДТП по другим причинам могут быть снижены административным путём путём своевременного ремонта автодорог, штрафами пьяных водителей или повышении ответственности пешеходов за опасное поведение.

Кроме рассмотренных мер снижения рисков в целом, возможен персональный подход к анализу рисков, учитывающий индивидуальные возможности каждого водителя, в первую очередь его опыт вождения и поведение в различных стрессовых ситуациях, таких как проезд перекрёстко, пешеходных переходов, дорожных развязок, движение в интенсивном потоке ТС, по многополосным и однополосным дорогам.

В данной работе предлагается использовать для построения маршрута взвешенный граф дорожной сети города, где рёбрам и вершинам сопоставлены персонифицированные риски, рассчитывающиеся индивидуально для каждого водителя. Такие риски зависят в первую очередь от выбора человека и его стратегии: необходимо ли ему доехать за наименьшее время (тогда при выборе итогового маршрута из множества альтернатив предпочтение будет отдано маршруту с минимальными рисками потери времени в пути) или для начинающего водителя может быть полезно выставить приоритет на максимально безопасное движение по городу и тогда алгоритм маршрутизации будет исключать из итогового маршрута сложные участки пути. Однако во втором случае необходимо соблюсти баланс между временем в пути и сложности маршрута.

В работе предлагается создание интеллектуальной системы расчёт оптимальных маршрутов в городах, учитывающей индивидуальные характеристики водителя. Ожидается, что данная система сможет подобрать более комфортные маршруты передвижения для начинающих водителей и упростит адаптацию к городскому движению. После получения прав, в дальнейшем путём увеличения параметра допустимого риска, такая система может постепенно наращивать сложность маршрутов для дополнительной тренировки водителей, уже имеющих реальный опыт, но чувствующих неуверенность в некоторых моментах движения. А для опытных водителей такая система сможет подобрать наибо́льшие маршруты, минимизируя маршруты по рискам задержек в пути, возникающих из-за ДТП на маршруте.

-
1. **Вишняков, Я.Д.** Общая теория рисков: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Я.Д. Вишняков, Н.Н. Радаев. – 2-е изд., испр. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 368 с.

УДК 004.04

КАНЕВ О.К.

ОЦЕНКА МЕЖАТТРИБУТИВНОЙ ВЗАИМОСВЯЗИ НА БАЗЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА МНОГОМЕРНЫХ ДАННЫХ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Диагностирование состояний сложных объектов, описываемых конечным набором признаков, является одной из ключевых задач, решаемых во многих сферах человеческой деятельности. Это делает актуальным проектирование самостоятельных и интегрированных диагностических систем различной направленности. Для их функционирования необходимо наличие эталонной базы, по которой можно оценивать состояние диагностируемого объекта. Однако любые эталонные значения со временем утрачивают свою актуальность и нуждаются в корректировке [1]. В случае большого размера эталонной базы возникает необходимость ее автоматической выработки.

Как было отмечено в [2], получаемый в результате кластеризации набор прототипов кластеров можно использовать в качестве эталонной базы с целью минимизации влияния субъективного фактора при ее корректировке и затрачиваемого при этом времени.

Наибольшее применение на практике нашли методы нечеткой кластеризации, однако их главной проблемой является привязка к форме [1], что ведет к росту числа ошибок при разбиении.

Как было показано в [3], учет межатттрибутивной взаимосвязи при оценке расстояния между объектами в N -мерном пространстве приводит к росту качественных показателей кластеризации, однако также резко возрастает время, затрачиваемое на разбиение.

С целью снижения количественных показателей предлагается применять методы статистической обработки данных для получения масштабирующей матрицы, используемой в метрике оценки расстояния между объектами в процессе кластеризации.

Методика основана на построении матрицы межатттрибутивной взаимосвязи I :

$$I = \begin{pmatrix} I_{11} & \dots & I_{1j} & \dots & I_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ I_{i1} & \dots & I_{ij} & \dots & I_{iN} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ I_{N1} & \dots & I_{Nj} & \dots & I_{NN} \end{pmatrix}, 0 \leq I_{ij} \leq \min\{H_i, H_j\}. \quad (1)$$

где I_{ij} – взаимная информация i -го и j -го признаков, вычисляемая по формуле:

$$I_{ij} = H_i + H_j - H_{ij}, \quad (2)$$

где H_i и H_j – энтропии i -го и j -го признаков; H_{ij} – их взаимная энтропия.

Библиографический список

1. **Канев, О.К.** Использование методов нечеткой кластеризации в рамках реализации блока обучения диагностической системы // «Информационные системы и технологии (ИСТ-2016)»: материалы XXII международной научно-технической конференции, Н. Новгород, 22 апреля 2016 г. – Н.Новгород: НГТУ. – 2016. – С. 362–363.
2. **Канев, О.К.** Применение нечеткой кластеризации многомерных объектов для дальнейшего диагностирования их состояний // Будущее технической науки: сборник материалов XV Международной молодежной научно-техн. конф.; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2016. – С. 116–117.
3. **Канев, О.К.** Нечеткая кластеризация многомерных объектов с учетом межатрибутивной корреляции // «Информационные системы и технологии (ИСТ-2018)»: материалы XXIV международной научно-технической конференции, Н. Новгород, 20 апреля 2018 г. – Н.Новгород: НГТУ. – 2018. – С. 982–987.

УДК 004.414

КВАСОВ А.С.

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СООТВЕТСТВИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ТРЕБОВАНИЯМ БИЗНЕС-ЗАКАЗЧИКА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Выбор информационной системы (ИС), автоматизирующей бизнес-процесс организации, является очень важной задачей [1, 2, 3]. По мере увеличения количества доступных ИС выбор становится более сложным. Различные разработчики могут предлагать подобные ИС с различными нефункциональными атрибутами, такими как дизайн интерфейса, прошлый опыт, репутация компании-разработчика и т.д. Кроме того, важность каждого атрибута субъективна и варьируется в разных контекстах использования.

Сложность увеличивается из-за динамических изменений во взаимодействии рабочего процесса в режиме реального времени. Для решения задачи выбора ИС авторами представлен подход, основанный на многокритериальном принятии решений для эффективного выбора, доработки или замены ИС в ходе рабочего процесса организации [3].

В последнее время стали популярными так называемые микросервисы (МС), на основе которых строится ИС организации. МС используются в качестве строительных блоков для автоматизации различных частей бизнес-процессов. Требования, предъявляемые к МС, подразделяются на две группы на основе типов проверки соответствия. Первая группа включает требования, характерные для обычной проверки соответствия функциональности, которая порождает либо соответствие (правда), либо не соответствие (ложь). Этот тип требований необходим в ситуациях, когда запрос соответствия является критическим. С ложным ответом реализация услуги МС будет отмечена как полностью не соответствующая требованиям, т.е. такой МС не будет кандидатом на следующем шаге процесса отбора. МС, прошедшие первый отбор, позже будут оценены второй группой требований. Эта вторая группа предназначена для получения ответов относительно степени соответствия предъявляемым требованиям.

Если атрибуты МС-кандидатов предоставляются количественными значениями, они будут нормализованы в шкале [0..1], а относительный вес для каждого МС будет вычисляться дополнительно. Если количественные значения не указаны, будет проведено качественное сравнение. Алгоритм будет строить матрицу отношений для дальнейшего ранжирования МС. В сочетании с весовыми требованиями генерируется вектор приоритета, вывод о степени соответствия для каждого МС-кандидата в соответствии с предъявляемыми требованиями. Са-

мое высокое значение предполагает наилучший альтернативный МС в данном направлении. Из наиболее соответствующих требованиям МС строится ИС.

Библиографический список

1. **Квасов, А.С.** Методологические основы моделирования систем управления внедрением и развитием информационных комплексов / А.С. Квасов, Д.В. Седаков // ИСТ-2017. – Нижний Новгород, 2017.
2. **Квасов, А.С.** Методологические аспекты обеспечения соответствия информационной системы требованиям бизнес-заказчика. ИСТ-2017. – Нижний Новгород, 2017. – С. 51–54.
3. WattanaViriyasitavat. Multi-criteria selection for services selection in service workflow. Journal of Industrial Information Integration, March 12. – 2016. – P. 20-25.

УДК 681.51

КОВЫЛОВ А.В.

СИСТЕМА БОРТОВОГО УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА НА БАЗЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ

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

Одним из основных вопросов при разработке бортовых систем управления (БСУ) беспилотными подвижными объектами с малым временем непрерывной работы является обеспечение системы управления точной и достоверной навигационной информацией о местоположении и параметрах движения летательного аппарата (ЛА). Указанная задача решается применением в составе БСУ информационно-измерительных систем (ИИС) и навигационных комплексов. Наиболее перспективные ИИС строятся на базе бесплатформенных инерциальных навигационных систем (БИНС), обеспечивающих решение задач навигации объектов, движущихся по поверхности Земли и в околоземном пространстве в широких диапазонах линейных и угловых скоростей.

Постоянно возрастающие требования к точности приводят к усложнению алгоритмов обработки и требуют улучшения схем построения всей БСУ. Перед инженерами предприятий встают проблемы повышения точности, надежности и уменьшения размеров БСУ.

В работе проанализирована традиционная схема построения системы бортового управления на примере системы Ц-074УМ. Основные недостатки традиционной схемы БСУ: много времени затрачивается вычислителем не на сами вычисления, а на опрос датчиков, что значительно увеличивает время обработки информации; загруженность модуля цифровой обработки (МЦО) функциями опроса не позволяет использовать сложные и высокоточные алгоритмы компенсации; отсутствие вычислительного резерва для модернизации вследствие 100% загрузки вычислителей.

Работа посвящена анализу распределенных вычислительных средств, рассмотрен принцип их построения и приведена блок-схема БСУ.

Основной принцип построения распределенных вычислительных средств базируется на разделении глобальной задачи сбора и расчета данных на составные части. Причем составные части должны выполняться параллельно, иначе никакого выигрыша по сравнению с нераспределенными вычислительными средствами мы не получим.

Приведено описание параметров микроконтроллеров, дано обзор импортных микроконтроллеров и их отечественных аналогов, приведено описание интерфейсов микроконтроллеров, проведен анализ различных интерфейсов и для реализации выбран RS232.

В работе проанализирован перспективный интерфейс CAN. CAN-контроллер обеспечивает работу в сети в следующих случаях: любой из трех проводов в шине оборван, любой провод - закорочен на питание или на общий провод.

МОНИТОРИНГ И АНАЛИЗ ПОВЕДЕНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Развитие информационных технологий и их широкое использование во всех сферах жизни человека, в том числе и в бизнесе, привели к необходимости контроля и защиты информации компании. Основной угрозой информационной безопасности являются атаки на компьютерную систему, которые представляют собой нарушение целостности и конфиденциальности данных. Наибольший ущерб причиняется внутренними вторжениями, осуществляемыми пользователями, которые имеют доступ к компьютерной системе и заранее знают, какие данные в ней находятся. Утечка данных может происходить как через стороннего человека, так и через сотрудника компании.

Для защиты от утечек применяются системы класса DLP (англ. DataLeakPrevention). Работа данных систем заключается в анализе потоков данных, которые передаются за пределы защищаемой компьютерной системы. При обнаружении в этих потоках конфиденциальной информации срабатывает блокировка передачи информации. Но с постоянным развитием компьютерных технологий, становится сложно отслеживать все потенциальные каналы утечки информации (портативные носители информации, социальные сети и т.д.).

Одним из эффективных способов выявления вторжений, который набирает популярность в последнее время, является анализ поведения пользователя и выявления аномалий в его поведении. Данный подход подразумевает, что необычная активность, которая не соответствует стандартному профилю, может указывать на потенциальные инциденты. Этот класс решений называется UserandEntityBehaviorAnalytics (поведенческая аналитика пользователей и сущностей). Подобного рода системы защиты должны решать такие задачи, как сбор данных о поведении пользователя, статистический анализ, интеллектуальный анализ и автоматическое детектирование аномалий, предупреждение лиц, ответственных за информационную безопасность.

Система должна быть мультиагентной, для того чтобы быстро обрабатывать большие объемы информации даже при повышенной загрузке системы. Одной из задач, требующих решения при разработке такой системы, является интеграция с решениями DLP и другими средствами обеспечения защиты данных.

Предполагается, что система мониторинга и анализа поведения пользователя будет проводить сбор таких данных, как характеристики компьютера, данные учетной записи пользователя, дата и время совершения действий пользователем (для сопоставления с типичными временными промежутками его активности) и их интенсивность (для выявления аномального числа запросов, подключений и т.п.). Далее, проводя статический анализ полученных данных, необходимо выявить потенциальные угрозы и построить отчеты в виде графиков активности пользователя и таблиц, в которых содержится подробная информация о его действиях. Чтобы человеческое участие в данном процессе было минимальным, необходимо проводить интеллектуальный анализ данных, полученных в статистическом отчете: в автоматическом режиме выявить и показать отклонения в поведении пользователя в определенные периоды и сообщить о них.

Предупреждение о потенциальной угрозе можно отправлять как специалисту по информационной безопасности компании, так и владельцу профиля защищаемой компьютерной системы в виде электронного письма. Для этого систему необходимо заранее обучить в течение определенного времени на данных о поведении пользователя и сформировать набор фильтров для событий.

Данную систему можно применять в государственных учреждениях с высоким уровнем секретности, а также в коммерческих предприятиях, где высок риск кражи данных, которые имеют высокую ценность для бизнеса.

БОРТОВОЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ИНФОРМАЦИИ

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

Выполнение измерений различного рода физических величин является неотъемлемой частью экспериментальной отработки при проектировании изделий. В экспериментах, связанных со значительными пространственными перемещениями объекта испытаний, задача организации измерений «на борту» объекта классически решается с использованием радиотелеметрической системы. Одним из элементов радиотелеметрической системы является преобразователь информации, выполняющий многоканальные измерения в режиме временного разделения каналов с заданным циклом повторения измерений по каналам.

Прибор осуществляет преобразование выходного напряжения первичных преобразователей информации (датчиков) в пропорциональный временной интервал и передачу начала и конца этого интервала по радиолинии в виде соответственно «опорного» (ОИ) и «измерительного» (ИИ) импульсов в реальном масштабе времени с временным разделением измеряемой информации.

Существуют различные методы преобразования напряжения в интервал времени, например, в основе аналогового метода лежит сравнение напряжения входного сигнала с линейно изменяющимся напряжением и формирования в момент их равенства измерительного импульса. Основным недостатком данного метода является сравнительно невысокая точность преобразования.

С целью повышения точности преобразования предлагается использовать цифровой принцип, который заключается в оцифровке аналогового сигнала с последующим преобразованием значения «код-время» декрементным счетчиком. Предложенный метод позволит обеспечить более чем на порядок повышение точности преобразования аналоговых сигналов по отношению к существующему прототипу, существенно упростить процедуру настройки прибора, а также сократить трудозатраты при его производстве. Применение современных высокотехнологичных электронных компонентов высокой степени интеграции позволит уменьшить массогабаритные показатели и энергопотребление.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЛАСТЕРОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗКИ
В РАБОТЕ СЕРВИСА МГНОВЕННЫХ СООБЩЕНИЙ**

Дзержинский политехнический институт НГТУ

По мере развития компьютерной техники и ее интеграции в бизнес-процесс предприятий проблема увеличения времени, в течение которого доступны вычислительные ресурсы, приобретает все большую актуальность. Надежность серверов становится одним из ключевых факторов успешной работы компаний с развитой сетевой инфраструктурой, например, электронных магазинов, ведущих продажи через Интернет, крупных предприятий, в которых специальные системы осуществляют поддержку производственных процессов в реальном времени, банков с разветвленной филиальной сетью или центров обслуживания телефонного оператора, использующих систему поддержки принятия решений. Всем таким предприятиям жизненно необходимы серверы, которые работают и предоставляют информацию 24 часа в день семь дней в неделю (24x7x365).

Стоимость поломок и простоя оборудования постоянно растет. Она складывается из

стоимости потерянной информации, потерянной прибыли, стоимости технической поддержки и восстановления, неудовлетворенности клиентов и т. д. Имеются методики, позволяющие вычислить стоимость минуты простоя и затем на основе этого показателя выбрать наиболее выгодное решение с наилучшим соотношением функциональности и цены.

Существует немало средств для построения надежной системы. Дисковые массивы RAID, например, позволяют не прерывать обработку запросов к информации, хранящейся на дисках, при выходе из строя одного или нескольких элементов массива. Резервные блоки питания в ряде случаев позволяют в какой-то степени застраховаться на случай отказа других компонентов. Источники бесперебойного питания поддержат работоспособность системы в случае сбоев в сети энергоснабжения. Многопроцессорные системные платы обеспечат функционирование сервера в случае отказа одного процессора. Однако ни один из этих вариантов не спасет, если из строя выйдет вся вычислительная система целиком.

В этом случае на помощь приходит кластеризация. Пожалуй, первым шагом к созданию кластеров можно считать широко распространенные в пору расцвета мини-компьютеров системы "горячего" резерва. Одна или две такие системы, входящие в сеть из нескольких серверов, не выполняют никакой полезной работы, но готовы начать функционировать, как только выйдет из строя какая-либо из основных систем.

Таким образом, серверы дублируют друг друга на случай отказа или поломки одного из них. Но при объединении компьютеров желательно, чтобы они не просто дублировали друг друга, но и выполняли другую полезную работу, распределяя нагрузку между собой. Для этого во многих случаях как нельзя лучше подходят кластеры.

В ряде случаев привлекательность кластера во многом определяется возможностью построить уникальную архитектуру, обладающую достаточной производительностью, устойчивостью к отказам аппаратуры и ПО.

Такая система к тому же должна легко масштабироваться и модернизироваться универсальными средствами, на основе стандартных компонентов и за умеренную цену (несравненно меньшую, чем цена уникального отказоустойчивого компьютера или системы с массовым параллелизмом).

Термин "кластер" имеет множество определений. Одни во главу угла ставят отказоустойчивость, другие - масштабируемость, третьи - управляемость. Классическое определение кластера звучит примерно так: "кластер - параллельная или распределенная система, состоящая из нескольких связанных между собой компьютеров и при этом используемая как единый, унифицированный компьютерный ресурс". Таким образом, кластер представляет собой объединение нескольких компьютеров, которые на определенном уровне абстракции управляются и используются как единое целое. На каждом узле кластера (по сути, узел в данном случае - компьютер, входящий в состав кластера) находится своя собственная копия ОС.

Как уже отмечалось, основное назначение кластера состоит в обеспечении высокого - по сравнению с разрозненным набором компьютеров или серверов, уровня доступности (HighAvailability, HA), иначе называемого уровнем готовности, а также высокой степени масштабируемости и удобства администрирования. Повышение готовности системы обеспечивает работу критических для бизнеса приложений на протяжении максимально продолжительного промежутка времени. К критическим можно отнести все приложения, от которых напрямую зависит способность компании получать прибыль, предоставлять сервис или обеспечивать иные жизненно важные функции. Как правило, использование кластера позволяет гарантировать, что в случае, если сервер или какое-либо приложение перестает нормально функционировать, другой сервер в кластере, продолжая выполнять свои задачи, возьмет на себя роль неисправного сервера (или запустит у себя копию неисправного приложения) с целью минимизации простоя пользователей из-за неисправности в системе.

Готовность обычно измеряется в процентах времени, проведенном системой в работоспособном состоянии, от общего времени работы. Естественно, различные приложения требуют различной готовности. Готовность системы может быть увеличена различными методами. Какой из них выбрать, решается в зависимости от стоимости системы и стоимости

времени простоя. Как правило, более дешевые решения фокусируются в основном на снижении времени простоя после возникновения неисправности. Более дорогие позволяют системе продолжать функционировать и предоставлять сервис пользователям даже в том случае, когда один или несколько ее компонентов вышли из строя. Говорят, что по мере роста готовности системы ее цена увеличивается нелинейно; точно так же нелинейно увеличивается и стоимость ее поддержки. Относительно низкая стоимость оборачивается не самым высоким уровнем отказоустойчивости - не более 99%.

Это означает, что около четырех дней в году информационная структура предприятия будет неработоспособна. На первый взгляд, это не так уж много, если учесть, что сюда входят и плановые простои, связанные с проведением профилактических работ или реконфигурацией. Но клиенту, например, пользователю системы оплаты по кредитным карточкам, безразлично, по какой причине он будет лишен обслуживания. Он останется неудовлетворенным и будет искать другого оператора. Высокая доступность (готовность) подразумевает решение, способное продолжать функционировать либо восстанавливать функционирование после возникновения большинства ошибок без вмешательства оператора. Дорогие отказоустойчивые решения способны обеспечить заветные "пять девяток" - 99,999% надежности системы, что означает не более 5 мин простоев в год.

Золотую середину между едиными серверными системами с зеркалированными дисковыми подсистемами (или дисковыми массивами RAID) и отказоустойчивыми системами обеспечивают кластерные решения. По уровню доступности они приближаются к отказоустойчивым системам при несоизмеримо меньшей стоимости. Такие решения идеальны для случаев, когда можно допустить лишь очень незначительные незапланированные простои.

В случае сбоя кластерной системы восстановлением управляет специальное программное и аппаратное обеспечение. В частности, кластерное ПО позволяет автоматически определить единичный аппаратный или программный сбой, изолировать его и восстановить систему. Специально разработанные подпрограммы способны выбрать самый быстрый способ восстановления и за минимальное время обеспечить работоспособность служб. При помощи встроенного инструментального средства разработки и программного интерфейса можно создавать специальные программы, выявляющие, изолирующие и устраняющие сбои, которые возникают в приложениях, разработанных пользователем.

Другое достоинство кластеризации - обеспечение масштабируемости. Кластер позволяет гибко увеличивать вычислительную мощность системы, добавляя в него новые узлы и не прерывая при этом работы пользователей. Современные кластерные решения предусматривают автоматическое распределение нагрузки между узлами кластера, в результате чего одно приложение может работать на нескольких серверах и использовать их вычислительные ресурсы.

Требования, предъявляемые к быстродействию коммуникационного канала, зависят от степени интеграции узлов кластера и характера работы приложений. Скажем, если приложения в разных узлах не взаимодействуют друг с другом и не осуществляют одновременный доступ к дисковым накопителям, то узлы обмениваются между собой только контрольными сообщениями, подтверждающими их работоспособность, а также информацией об изменении конфигурации кластера, т. е. добавлении новых узлов, перераспределении дисковых томов и т. п. Такой тип обмена не потребует значительных ресурсов межсоединения и вполне может удовлетвориться простым 10-мегабитным каналом Ethernet.

Кроме повышенной надежности и быстродействия, есть еще несколько дополнительных требований, предъявляемых к кластерам в современных вычислительных системах. Они, в частности, должны обеспечивать единое внешнее представление системы, высокую скорость резервного копирования и восстановления данных и параллельный доступ к БД, обладать возможностями переноса нагрузки с аварийных узлов на исправные, иметь средства настройки высокого уровня готовности, гарантировать восстановление после аварии. По понятным причинам использование нескольких узлов кластера, которые одновременно обращаются к одним и тем же данным, увеличивает сложность процедуры резервного копирова-

ния и последующего восстановления информации. Перенос нагрузки с аварийного узла на исправный - это основной механизм обеспечения непрерывной работы приложений при условии оптимального использования ресурсов кластера. Для эффективной совместной работы кластерных систем и СУБД система должна иметь распределенный менеджер блокировок, обеспечивающий непротиворечивое изменение базы данных при поступлении последовательности запросов с разных узлов кластера. Настроить конфигурацию кластера и обеспечить высокую доступность приложений также непросто. Это связано в первую очередь со сложностью определения правил, по которым те или иные приложения переносятся с аварийных узлов кластера на исправные. Кластерная система должна позволять легко переносить приложения с одного узла кластера на другой, а также восстанавливать аварийное приложение на другом узле.

Следует отметить, что пользователь системы не обязан знать о том, что он работает с кластерной системой, поэтому для максимально комфортных условий работы пользователей кластер должен выглядеть извне как единый компьютер. Он должен иметь единую файловую систему для всех узлов, единый IP-адрес и единое ядро системы. Даже самые надежные системы могут выйти из строя, если произойдет, например, стихийное бедствие (пожар, землетрясение, наводнение) или атака террористов. При глобальном масштабе современного бизнеса такие события не должны ему вредить, поэтому кластер может (или должен) быть распределенным.

Можно сделать вывод: сегодня кластеры играют одну из ключевых ролей на рынке корпоративных систем. В ряде случаев у кластерных решений просто нет альтернативы. Главное их достоинство - достижение реальной высокой готовности и масштабируемости информационных систем, позволяющих постепенно, вместе с ростом потребностей, увеличивать вычислительную мощность платформы, защищая, таким образом, инвестиции пользователей.

УДК 519.688

ТЮРИН А.И.

ВЫРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ДЛЯ КОМПЛЕКСА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ УПРАВЛЕНИЯ АКТИВНО-АДАПТИВНОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В рамках решения задачи управления электроэнергетическими системами нового поколения с помощью интеллектуальных управляющих устройств необходимо определять такие наборы передаточных коэффициентов управляющих устройств, которым соответствуют состояния электрической сети, удовлетворяющие критериям качества электроэнергии, и обеспечивающие возможное снижение конечной стоимости 1 кВт/ч электроэнергии путем уменьшения потерь в линиях электрической сети.

Управление состояниями структурно сложных протяженных распределительных энергосетей применением точных методов поиска решений невозможно. Реализация генетических алгоритм (ГА) показала, что они позволяют найти наборы передаточных коэффициентов управляющих устройств, удовлетворяющих заданным ограничениям, за адекватное время. Проведенные исследования ГА по настройке его параметров для решения поставленной задачи показали, что адаптированный ГА позволяет найти локальный экстремум, часто далекий от оптимального состояния сети.

Результат апробации ГА на моделях реальных электроэнергетических систем показал, что даже для относительно простых архитектур электрической сети при небольшом количестве устройств управления сетью (например, равным 8), результаты последовательных запусков ГА значительно отличаются. Так, для 50 запусков ГА разница между минимальным и максимальным временем поиска решения составила 59,2% ($T_{min}=9,51$ $T_{max}=15,14$ се-

кунд), а результаты целевой функции суммарных потерь мощности в электрической сети отличаются на 68,5%. С увеличением количества управляющих устройств в электрической сети растет число возможных состояний сети, а, следовательно, и локальных экстремумов целевой функции, из-за чего разброс результатов увеличивается. Таким образом, применение ГА, хорошо зарекомендовавших себя в задачах большой размерности, в данном случае не дает результат, гарантированно близкий к оптимальному.

Для решения данной проблемы был разработан итерационный метод последовательного вычисления коэффициентов передачи управляющих устройств, с фиксацией значений потенциалов в узлах-потребителях электрической сети.

Принцип работы данного алгоритма заключается в последовательном вычислении коэффициентов управляющих устройств, расположенных в ветвях минимального остонового дерева электрической сети. Каждая итерация представляет собой вычисление передаточных коэффициентов всех управляющих устройств на одном уровне остонового дерева, где корнем дерева являются ветви с источниками электроэнергии. Ток в линиях, необходимый для обеспечения заданного уровня потребляемой мощности, рассчитывается в начальной сети без управления и фиксируется путем замены потребителей источниками идеального тока с соответствующими значениями. Таким образом, в результате работы алгоритма формируется набор передаточных коэффициентов управляющих устройств, задающих состояние электрической сети, близкое к оптимальному, с учетом сохранения качества электроэнергии (если такое состояние достижимо). Соответственно, при запуске алгоритма с одними и теми же входными данными на выходе будет формироваться одно и то же состояние электрической сети.

УДК 519.688

ТЮРИН А.И.

ЭВОЛЮЦИОННЫЕ АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ (SmartGrid)

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Электроэнергетические системы нового поколения, построенные с учетом концепции SmartGrid, подразумевают использование интеллектуальных управляющих устройств, комплекса датчиков для сбора разноплановой информации об функционировании электрической сети, а также системы управления, которая с помощью интеллектуальных алгоритмов осуществляет изменение характеристик электрической сети в соответствии с выбранными критериями.

Разрабатываемое управляющее устройство может изменять характеристики электрической сети путем изменения напряжения на выходе, а также угла сдвига фаз. Комплекс таких устройств, размещенных на линиях электрической сети, может управлять потоками мощностями и задавать состояния электрической сети наиболее эффективные с учетом выбранных критериев эффективности.

В работе производится оценка сложности точных алгоритмов перебора состояний комплекса управляющих устройств. Точные методы поиска оптимального решения становятся не применимы с ростом числа управляющих устройств. Для решения данной задачи требуется использование эвристических методов.

В задаче поиска эффективных состояний комплекса управляющих устройств, предлагается использование эволюционных алгоритмов. Описывается принцип кодирования хромосомы генетического алгоритма, с учетом возможных состояний управляющего устройства, равных 98.

Проводится сравнение скорости работы генетического алгоритма с методом полного перебора состояний управляющих устройств. Производилось тестирование алгоритмов полного перебора для нескольких простых архитектур электросетей, имеющих в своей схеме

два, шесть и восемь управляющих устройств. Даже с заранее уменьшенными количествами состояний управляющих устройств в сети нахождение оптимального решения занимало до двух суток вычислений на рабочей машине. Проведенные исследования показали, что для двух управляющих устройств алгоритм поиска оптимального режима работы сети занимает около трех минут. Данное время является неприемлемым, особенно учитывая сложность настоящих электросетей.

Простейший генетический алгоритм со стандартными параметрами, ищет решение, близкое к оптимальному за 20 с, в сети с двумя управляющими устройствами. Критерием оптимальности в данном тестировании выступало значение общих потерь в электрической сети, с ограничением в виде:

$$|\max \Delta U| \leq 0.1 * U_{ном},$$

где ΔU – отклонение по напряжению на узлах-потребителях электроэнергии; $U_{ном}$ – рабочее напряжение в электросети.

Дальнейшая работа ведется в направлении подбора параметров генетического алгоритма для повышения точности и скорости поиска решения поставленной задачи.

УДК 519.688

ТЮРИН А.И., СОКОЛОВА Э.С.

ПОИСК И РАЗМЕЩЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА УПРАВЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ (SmartGrid)

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Электроэнергетические системы нового поколения (SmartGrid) базируются на использовании интеллектуальных управляющих устройств и включают в состав системы управления режимами работы электрических сетей. При этом формирование управляющих сигналов происходит в результате обработки большого количества информации с датчиков, установленных внутри электрической сети.

В настоящее время разрабатывается новое управляющее устройство – твердотельный регулятор напряжения, позволяющий изменять характеристики электрической сети путем изменения напряжения и угла сдвига фаз на своем выходе. Использование комплекса таких устройств позволяет повысить качество поступающей потребителям электрической энергии, а также снизить ее конечную стоимость путем снижения потерь мощности электроэнергии.

Исходя из высокой стоимости самих устройств, а также дороговизны мероприятий по их размещению в реальных энергосетях, необходимо решить задачу поиска оптимального количества устройств в электрической сети, а также нахождения точек их расположения. Пусть n – количество линий электрической сети, в которых возможны размещения управляющих устройств, а m – текущее число управляющих устройств для их размещения в сети. Количество вариантов расположения управляющих устройств на линиях определяется по формуле

$$C_n^m = \frac{n!}{(n-m)! * m!}.$$

С увеличением числа встраиваемых в электрическую сеть управляющих устройств, а также при большом количестве линий передач в электрической сети наблюдается экспоненциальный рост вариантов размещения управляющих параметрами сети регуляторов, что приводит к невозможности использования точных методов решения данной задачи.

В качестве решения проблемы нахождения оптимального количества управляющих устройств и мест их размещения в электрической сети предлагается нахождение минимального остонового дерева графа электрической сети. Современная тенденция развития электрических сетей ориентирована в первую очередь на повышение качества электроэнергии для

потребителей. В связи с этим следует выполнить ранжирование линий электропередач, где наибольший вес имеют линии, в которых располагаются потребители электроэнергии.

Таким образом, сложность алгоритмов снижается, так как отсутствует необходимость перебора всех состояний электрической сети, а также осуществляется поиск местоположений управляющих устройств, изменений параметров в которых может привести к наибольшему эффекту для потребителей.

Экспериментальные исследования направлены на поиск эффективных алгоритмов нахождения остовных деревьев связанных графов, описывающих различные схемы распределенных электрических сетей, с целью обеспечения качества электроэнергии в узлах потребителей.

УДК 621.396.6

ХРИСТОФОРОВ А.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ СВЯЗИ ЦВК-16

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

Большое значение для эксплуатации высоковольтных сетей и бесперебойного снабжения электроэнергией потребителей приобретают средства диспетчерского управления и среди них высокочастотные (ВЧ) каналы связи по линиям электропередачи (ЛЭП), т.е. системы связи по ЛЭП.

Привлекательность этой технологии для операторов сетей электроснабжения состоит в том, что для передачи информационных сигналов используется собственная инфраструктура электросети. Таким образом, технология является не только очень экономичной (отсутствуют текущие расходы на содержание каналов связи), но и позволяет предприятиям энергоснабжения быть независимыми от провайдеров услуг связи, что особенно важно в аварийных случаях и даже предписывается на законодательном уровне многих стран.

В настоящее время высокочастотная связь является универсальным технологическим решением как для предприятий занимающиеся передачей и распределением электроэнергии, так и компаний ориентированных на предоставлении услуг населению.

В связи с быстрым развитием систем автоматизации энергетики и цифровых широкополосных сетей на магистральных линиях изменились требования к современным системам ВЧ связи.

При эксплуатации пришлось столкнуться с разными системами связи по ЛЭП, где непосредственно стоит задача обеспечивать надежную и достоверную передачу информации, а также долгосрочную работу аппаратуры связи. Но поскольку аппаратура имеет свои недостатки и достоинства, достаточно трудно сразу определить, какая из них самая надежная в работе. Можно привести много примеров, когда аналоговая аппаратура, сделанная много лет назад, до сих пор работает хорошо, а та, что была разработана и поступила в эксплуатацию несколько лет назад, дает пока относительно большое количество отказов.

Вследствие этого возникла проблема обновления аналогового оборудования связи на предприятиях энергоснабжения на новое, использующее цифровую обработку сигналов.

Описан принцип осуществления высокочастотной связи по линиям электропередачи, организация и особенности эксплуатации высокочастотных трактов, включающие в себя работы по текущему содержанию, среднему и капитальному ремонту. Приведен анализ неисправностей и повреждений в каналах связи. Описано, по каким признакам стоит различать надежность систем, дается классификация отказов.

В работе приведены данные об отказах системы ЦВК-16 во время эксплуатации, рассчитано среднее время наработки на отказ (1643 1/ч.), рассматриваются виды отказов и причины их появления.

Показано, что после проведения ряда мероприятий по повышению надежности, система ЦВК-16 будет иметь преимущество при внедрении на предприятиях энергоснабжения перед ранее использовавшимися аналоговыми.

ОГРАНИЧЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ БЛОКЧЕЙН

НИУ РАНХиГС

Технология блокчейн в последнее время вызывает большой интерес со стороны как финансовых, так и IT - организаций, оценивается как перспективная технология, однако до сих пор нашла применение только в криптовалютах.

Блокчейн – это выстроенная по определённым правилам непрерывная последовательная цепочка блоков, содержащих информацию. Чаще всего копии цепочек блоков хранятся на множестве разных компьютеров независимо друг от друга.

Несмотря на то, что, как и криптовалюты, блокчейн существует уже десять лет, данная технология так и не нашла применения в других сферах. Дело в том, что в большинстве случаев, применение данной системы дает отрицательный экономический эффект по сравнению с существующими технологиями. К примеру, если рассматривать применение блокчейна касательно платежей и банковского дела, то криптовалютная система Bitcoin может обрабатывать 7 транзакций в секунду, в то время как VISA 60 000. Кроме того, на эти 7 транзакций Bitcoin тратит в 35 раз больше энергии, чем VISA [1].

Если затронуть тему безопасности, то существующая банковская система поддерживается правительством и предоставляет страхование вкладов, возврат денежных переводов, проверку личности, а также поддержку клиентов в случае возникновения проблем. Биткоин, использующий блокчейн, лишен всех этих достоинств. В истории было много случаев, когда криптовалютные биржи теряли средства своих пользователей, при этом никто из них не смог вернуть свои деньги. В случае использования микроплатежей – криптовалюты также не могут претендовать на лидирование, так как транзакция занимает около 8 мин, а ждать, к примеру для скачивания песни или статьи столько времени – слишком долго.

Если рассматривать блокчейн для механизма распределенного хранения данных, коим он и является, то сначала это кажется хорошей нишей для использования данной технологии. Вы можете разделить свои данные на блоки, зашифровать их и поместить в распределённый журнал, который скопирован на множество компьютеров, это безопасно, и легко можно отследить все действия. При этом защитой данных является только одна точка шифрования – это ваш приватный ключ. Более сложная система может использовать двухфакторную аутентификацию, определять вторжения, ограничения объёмов, файрволы, удалённо отслеживать IP адреса и отключить систему в экстренном случае. С финансовой точки зрения использование блокчейна экономически нецелесообразно. Блокчейну системы Bitcoin за все время его существования потребовалось электроэнергии более чем на 1 млрд долл. США, при чем объём данных хранящийся в нем составляет много меньше, чем можно приобрести по подписке на Dropbox за 8,25 долл. в месяц.

В результате технология блокчейн нашла широкое применение только в криптовалютной сфере, которая, в свою очередь, используется в большей части для валютных спекуляций и для нелегальных транзакций. Во всех других областях использование блокчейна неоправданно или вследствие того, что имеется более подходящая технология либо в связи с отсутствием экономической целесообразности.

-
1. Kai Stinchcombe. Ten years in, nobody has come up with a use for blockchain [Электронный ресурс] <https://hackernoon.com/ten-years-in-nobody-has-come-up-with-a-use-case-for-blockchain-ee98c180100> (дата обращения 29.05.2018).

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СИГНАЛЬНО-КОДОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ,
ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В СИСТЕМАХ ТЕЛЕУПРАВЛЕНИЯ, РАБОТАЮЩИХ
НА ЗЕМНЫХ РАДИОВОЛНАХ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

При проектировании и эксплуатации систем телеуправления техническими объектами для обеспечения управления и контроля производственных процессов сложных производственных комплексов часто возникает задача взаимодействия систем и устройств, удаленных на расстояния, превышающие зону прямой видимости. Решение данной задачи с помощью радиорелейных и кабельных линий связи часто ограничено недостаточной живучестью данных систем в условиях чрезвычайных ситуаций.

Спутниковые системы связи достаточно дороги в силу отсутствия возможности покрытия северных территорий с геостационарных орбит и необходимости использования относительно большого числа пролётных спутников.

Пространственные волны ДКМВ-диапазона способны распространяться на тысячи километров и даже при сравнительно небольшой мощности передатчика могут огибать земной шар. Однако подобный канал является нестабильным вследствие влияния многочисленных факторов.

Средневолновому диапазону присущ ряд недостатков: малый частотный ресурс, высокий уровень атмосферных и промышленных помех. Однако есть и существенные плюсы: параметры канала связи изменяются незначительно во времени, отсутствует дрейф рабочих частот, а большая длина волны позволяет связываться на расстояниях значительно превышающих зону прямой видимости за счет явлений дифракции и рефракции. Поэтому этот диапазон радиоволн представляется наиболее привлекательным для осуществления дальней радиосвязи.

В статье представлена оценка эффективности сигнально-кодовых конструкций, используемых в системах телеуправления техническими объектами посредством земных волн средневолнового диапазона. В подобных системах посылки обычно передаются кодом, состоящим из N блоков по n двоичных символов в каждом блоке. Переданная посылка считается принятой правильно при верном приеме всех N ее блоков. Блок считается принятым правильно при верном приеме $n-s$ символов из n , т. е. допустимо не более s ошибок, причем место ошибки в комбинации может быть любым.

Показано, что наиболее высокая помехоустойчивость передатчелемеханической информации обеспечивается при работе с ФМн-сигналами. В системах телеуправления с ФМн при фиксированном количестве блоков N при увеличении разрядности n минимально необходимое отношение сигнал-шум (ОСШ) уменьшается, а коэффициент помехоустойчивости $K_{пу}$, (отношение напряженности поля помех $E_{п}$ к напряженности поля сигнала $E_{с}$ в точке приема $E_{п}/E_{с}$, при котором вероятность правильного приема $P_{к} = 0,5$ при заданной вероятности ложного приема $P_{л}$) растет. Причем при больших значениях n мощность полезного сигнала может быть существенно меньше мощности шума, что может оказаться полезно в случаях повышенной скрытности передачи информации. При фиксированной разрядности n при увеличении количества блоков N минимально необходимое ОСШ уменьшается, коэффициент помехоустойчивости $K_{пу}$ при этом также убывает. Максимально возможный коэффициент помехоустойчивости достигается при использовании одноблочных посылок ($N = 1$) максимальной разрядности.

УДК 004.423.2

БОРОВИЛОВ А.О.

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕФЛЕКСИВНО-РАСПОЗНАЮЩЕЙ ГРАММАТИКИ ДЛЯ АНАЛИЗА ДИСКРЕТНОГО ВЫХОДНОГО ПОТОКА НАБЛЮДАЕМЫХ СИСТЕМ

Волжский государственный университет водного транспорта

Для описания синтаксисов искусственных языков (языков программирования, языков описания аппаратуры и др.) используется форма Бэкуса-Наура. Данная форма применяется для описания контекстно-свободных (КС) грамматик. С помощью КС-грамматики, описанной формой Бэкуса-Наура для произвольного языка, можно получить любой текст из множества текстов данного языка. Однако полное множество текстов, описываемых КС-грамматикой может быть шире множества текстов корректных программ на данном языке.

Данное утверждение, например, относится ко всем языкам программирования, в которых использование тех или иных идентификаторов невозможно без их предварительного объявления, что делает синтаксис языка сложным для построения такой КС-грамматики, которая порождала бы лишь тексты корректных программ на данном языке. Получается, что, используя КС-грамматику для описания синтаксиса языка, мы одновременно получаем множество синтаксически некорректных программ на данном языке.

Неоднозначности, которые не разрешены в синтаксисе языка, разрешаются на этапе семантического разбора текста программы, проводимого компилятором.

Рассматриваемая в качестве альтернативы рефлексивно-распознающая (РР) грамматика естественным образом описывает ограничения в использовании синтаксических конструкций, присутствие которых в некоторой части текста зависит от синтаксических конструкций в других частях текста. Например, РР-грамматика позволяет описывать синтаксис искусственных языков, в которых необходимо объявлять переменные или другие единицы языка до их использования в тексте. При этом использование необъявленных переменных в тексте делает этот текст не распознаваемым соответствующей РР-грамматикой, то есть он не принадлежит описываемому языку. Другим примером применения РР-грамматики может служить описание синтаксиса искусственных языков, в котором использование языковой конструкции может присутствовать только в одном экземпляре. В таком случае внедряющая конструкция РР-грамматики позволяет накладывать дополнительные правила на определенные участки текста.

В связи с преимуществами РР-грамматики перед КС-грамматикой в задачах описания синтаксисов искусственных языков, представляется интересным решение ряда задач, связанных, во-первых, с исследованием различий в методологиях создания синтаксических анализаторов для КС и РР-грамматик, а во-вторых с исследованием границ применения РР-грамматик с точки зрения решения задачи анализа состояния системы через анализ ее информационного потока.

К ВОПРОСУ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗНАЧЕНИЯ УГЛА КРЕНА РЕЧНОГО ВОДОИЗМЕЩАЮЩЕГО СУДНА

Волжский государственный университет водного транспорта

Задача повышения безопасности на речных водоизмещающих судах по-прежнему остаётся актуальной [1]. По статистическим данным [2], основной причиной гибели судов является потеря остойчивости. Считается, при начале внезапного опрокидывания время до наступления гибели судна настолько мало, что какие-либо меры экипажа по предотвращению гибели судна выполнить невозможно. В этом случае только профилактические меры, в том числе контроль состояния судна в течение рейса, преобразующиеся в современных тенденциях в упреждающий мониторинг, могут снизить риск гибели судна [3].

Авторами разрабатывается система поддержки принятия капитаном речного грузо-пассажирского (круизного) судна решения о готовности к использованию штатных технических средств спасения пассажиров и экипажа при угрозе наступления скоротечной аварии (далее – СППР), которая при своей программно-аппаратной реализации обеспечит упреждающий мониторинг состояния речного водоизмещающего судна как объекта, функционирующего в условиях потенциального риска затопления. Осуществляя в режиме on-line сбор и анализ информации о событиях в наблюдаемых судовых системах и сервисах, а также контроль значений ключевых параметров, она позволит своевременно выявлять закономерности и корреляции в событиях и, таким образом, представлять вахтенному начальнику обобщенную картину текущего состояния судна и обнаруживать тенденции его нежелательных изменений.

Неотъемлемой частью разрабатываемой СППР является система датчиков, в том числе датчика текущего состояния угла крена. Текущее значение угла крена сопоставляется с данными кратко- и долгосрочного прогноза для заданного интервала упреждения. Интервал упреждения должен быть не менее, чем время, затраченное на надевание спасательного жилета и время выхода людей на палубу. Время надевание жилета по нормам требований и правил составляет 1 мин [4]. Используя результаты замеров скорости передвижения людей в натуральных условиях, с учетом поправок на возраст и разные участки пути [2], была сделана попытка оценить время передвижения людей из самых отдаленных мест на открытую палубу для некоторых типов речных судов (табл. 1).

Таблица 1

Время, необходимое для оставления судна

Тип судна, проект	Длина судна, м	Проектное количество пассажиров и экипажа	Время выхода людей на палубу
Туристическое судно, проект 302	129,1	440	≈170 с
Пассажирское судно, проект 785	80,2	259	с верхней палубы ≈89 с, из трюма ≈160 с

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Нижегородской области в сфере науки, технологий и техники.

Библиографический список

1. Ростуризм [Электронный ресурс] / Вопросы реализации туристического потенциала внутренних водных путей России рассмотрены на заседании Госсовета – Ростуризм // Режим доступа: <http://www.russiatourism.ru/news/10946/> (дата обращения 12.05.2018).
2. Александров, М.Н. Безопасность человека на море / М.Н. Александров. – Л.: Судостроение, 1983. – 209 с.

3. **Карпенко, А.Г.** Рекомендации по действиям в аварийных ситуациях (РДАС-99) / А.Г. Карпенко, А.Ф. Глухов, В.И. Дмитриев. – СПб., 1999. – 52 с.
4. Российский Речной Регистр [Электронный ресурс]/ Правила РРР// Режим доступа: <http://ssl.rivreg.ru/publication/pravila/> (дата обращения: 13.05.2018).

УДК 004.9:324

ВАСИЛЬЕВА Л.А., ЕГОРОВ Ю.С.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ ПРИ АВТОМАТИЧЕСКОМ РАСПОЗНАВАНИИ ДАКТИЛЬНЫХ ЗНАКОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В языке жестов передача информации во время общения происходит по нескольким каналам: непосредственно через жесты руками, выражение лица, форму губ, положение тела и головы. Жесты руками описываются через положение рук, направление движения, форму и направление кистей рук. Таким образом, возможность определения формы и положения кистей рук является очень важной задачей в контексте распознавания жестового языка, которая на данный момент полностью не решена [1].

В отличие от существующих решений, для автоматического распознавания дактильных знаков предлагается использовать технологию дополненной реальности.

Поскольку датчик захвата движения рук LeapMotion позволяет отслеживать движение обеих рук и десяти пальцев с необходимой скоростью и точностью, а также обеспечивает возможность оцифровки полученного результата, становится возможным автоматическое распознавание дактильных знаков вспомогательной системы русского жестового языка.

Стоит отметить, что 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. Жестовые знаки в первую очередь представляют собой целые слова, в то время как пальцевым алфавитом передают звуки речи.

Разрабатываемая система автоматического распознавания дактильных знаков, используя оцифрованные данные с датчика захвата движения рук LeapMotion, позволит модулю обработки данных сопоставлять дактилемы со знаками, содержащимися в заранее подготовленных библиотеках, а после сохранения полученного результата в базе данных, выдавать через модуль визуализации данных на экран пользователю целые слова и даже предложения на естественном языке.

Предполагается, что такая система должна обладать возможностью самообучения. Однако самообучение возможно только при наличии в системе аналитической подсистемы с базой знаний, включающей в себя как базу правил, так и базу моделей. На основе начальных знаний будут формироваться начальные модели, которые можно применить для моделирования дактилем.

При этом планируется использовать метод опорных векторов – алгоритм обучения с учителем, который анализирует данные, используемые для классификации и регрессионного анализа. На вход системы подается набор обучающих примеров, каждый из которых принадлежит одной из n категорий, затем на основе этих данных строится модель, которая классифицирует новые наборы показателей, относя их к одной из существующих категорий. На основе обучающих примеров алгоритм находит оптимальную гиперплоскость, что позволяет ему относить к существующим категориям новые примеры.

Разработанные таким образом библиотеки могут содержать дактильные алфавиты различных мировых языков, что позволит решить одну из актуальных проблем, связанных с распознаванием дактильных знаков.

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

РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА СИСТЕМЫ ТЕСТИРОВАНИЯ ЗНАНИЙ С ОТКРЫТЫМИ ВОПРОСАМИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время для проверки знаний широкое распространение получили системы автоматизированного тестирования знаний, основанные на вопросах открытого типа. В таких системах тестируемые могут угадать правильный ответ, как правило, с вероятностью от 14 до 24%, или, используя метод последовательных исключений, найти ответ на вопрос [1]. Системы тестирования с открытыми вопросами такого недостатка не имеют из-за отсутствия предварительно сформулированных экспертом ответов.

На данный момент в системах, позволяющих производить проверку ответов, полученных у тестируемых применяется метод оценки одним экспертом или более, требующий существенных временных затрат высококвалифицированных кадров.

Разработка алгоритмов интеллектуальной оценки знаний на основании ответов на открытые вопросы позволит улучшить контроль за качеством знаний, повысить объективность оценки и уменьшить трудозатраты экспертов, перенеся первоначально частично, а затем полностью функцию оценки качества знаний на информационную систему.

Основными модулями разрабатываемой системы являются: модуль регистрации; модуль добавления тестовых заданий; модуль тестирования, принимающий ответы у испытуемых; модуль оценки, позволяющий оценивать ответы тестируемых.

Основные пользовательские роли системы: администратор сервиса, поддерживает нормальное функционирование и доступность ресурса, имеет административные функции; эксперт (преподаватель), заносящий в базу данных вопросы, группируемые в тесты, анализирующий ответы обучающихся и выставляющий каждому ответу оценку, подкрепленную рекомендацией системы; тестируемый, отвечает на вопросы, просматривает список оценок на тесты и ответы.

В модуле интеллектуальной оценки формируются оценки ответов испытуемого на каждый из вопросов теста, на основании которых затем рассчитывается оценка за тест в целом. Для этого предлагается использовать модифицированный метод k -ближайших соседей, основанный на оценке семантического расстояния между эталонными ответами и ответом тестируемого. Первоначально для формирования оценки ответа испытуемого необходимо обучение системы по средствам накопления в базе экспертных данных. Обучение производится экспертом, как правило, им является преподаватель. Затем по мере накопления базы данных система запрашивает экспертную оценку только на ответы, формулировка которых не позволяет системе принять решение об оценке без его участия.

Применение информационной системы для оценки уровня знаний по открытым вопросам позволяет существенно снизить нагрузку на экспертов, упростить процедуру контроля уровня знаний, повысить точность определения уровня знаний тестируемых.

1. **Шевченко, С.М.** Тенденции инновационного развития общего образования / С.М. Шевченко, Н.С. Тюмина // Интеграция информационных технологий в систему профессионального обучения. Сборник статей по материалам региональной научно-практической конференции. – Нижний Новгород: НГПУ им. К. Минина, 2016. – С. 50–52.

АНАЛИЗ «МУРАВЬИНОГО АЛГОРИТМА» ДЛЯ ЗАДАЧИ ПОИСКА КРАТЧАЙШЕГО ПУТИ НА ГРАФЕ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Поиск кратчайшего пути является классической задачей в теории графов. Есть несколько различных постановок данной задачи: кратчайший путь между всеми парами вершин, кратчайший путь в заданный пункт назначения, кратчайший путь между заданной парой вершин.

Существует множество алгоритмов для нахождения наименьшего пути. Был проведен

анализ трех методов: метод ветвей и границ, метод Гомори и метод муравьиных колоний. Проведенные исследования показали следующие результаты. Метод Гомори можно использовать только для целочисленных задач. Из-за перебора всех вариантов метод ветвей и границ является затратным по времени. Также при увеличении числа вершин в графе алгоритм становится неэффективным. При малом количестве вершин временные затраты муравьиного алгоритма немного больше, чем затраты метода ветвей и границ. Однако с увеличением числа вершин временные затраты метода муравьев изменяются незначительно.

Согласно проведенному анализу в данной работе рассмотрен наиболее применимый алгоритм, коим является метод муравьиных колоний.

Принцип муравьиного алгоритма основан на поведении муравьев. Для задачи нахождения кратчайшего пути будем рассматривать классический вариант муравьиного алгоритма. Известно, что муравьиный алгоритм моделирует многоагентную систему. Муравьи – это агенты системы, у них есть список пройденных им узлов или список запретов. Этот список пополняется на каждом шаге и обнуляется перед новой итерацией. Привлекательность ребра зависит от расстояния и от следа, оставленного муравьем, который называется феромоном. Следы постоянно обновляются, они могут как испаряться (уменьшаться), так и увеличиваться.

Для примера будем рассматривать общую задачу нахождения кратчайшего пути между двумя узлами в графе. Для указания первоначальной концентрации феромона $\tau_{ij}(0)$. Каждому ребру будет присвоена небольшая случайная величина. Для определения следующего узла принятие решения происходит также каждым муравьем и при нахождении его в каждом узле. Если муравей k в настоящее время находится в узле i , он делает выбор предстоящего узла $j \in N_i^k$, основываясь на переходной вероятности:

$$P_{ij}^k = \begin{cases} \frac{\tau_{ij}^\alpha(t)}{\sum_{l \in N_i^k} \tau_{il}^\alpha(t)}, & \text{если } j \in N_i^k \\ 0, & \text{если } j \notin N_i^k, \end{cases}$$

где N_i^k - все возможные узлы, связанные с узлом i , относительно к муравью k , α - положительная константа для увеличения влияния концентрации феромона.

После построения муравьями полного пути к узлу назначения от начального узла и удаления всех петель, каждый муравей детерминировано отслеживает маршрут к исходному узлу, и оставляет количество феромона согласно выражению

$$\Delta\tau_{ij}^k(t) = \frac{1}{L^k(t)},$$

для каждого звена (i, j) , соответствующего пути; $L^k(t)$ - длина пути, построенного муравьем k в момент времени t .

Оценка качества решения выражается следующей формулой

$$\tau_{ij}(t+1) = \tau_{ij}(t) + \sum_{k=1}^{n_k} \Delta\tau_{ij}^k(t),$$

где n_k - количество муравьев.

УДК 004:378.1

ЕГОРОВ Ю.С., РУБЦОВА Т.А.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ОЦЕНКИ СХОЖЕСТИ ТЕКСТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ЛАТЕНТНО-СЕМАНТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Латентно-семантический анализ – это метод обработки информации на естественном языке. Суть метода состоит в выявлении взаимосвязи между документами и терминами, которые в них встречаются, при сопоставлении различных тематик документов. Для работы с данным методом используется подход, который имеет название «мешок слов». Документы

рассматриваются как просто наборы слов. Порядок слов в документах игнорируется. Важно только то, сколько раз то или иное слово встречается в документе [1].

Большая часть латентно-семантического анализа опирается на глубокий результат линейной алгебры относительно сингулярного разложения.

В папку «Документы» загружаются исходные документов, схожих или различных тематик, которые в дальнейшем будут использоваться для сравнительного анализа.

Также есть документ, где записаны все стоп-слова, которые при анализе отбрасываются. Под стоп-словами подразумеваются предлоги и междометия.

Слова, которые встречаются несколько раз в различных документах, записываются в матрицу «слово-документ». Далее с этой матрицей происходят математические преобразования [2].

С помощью математических преобразований по данным документам строится тепловая карта схожести текстов размером $(n \times n)$. В ней сравнивают каждый текст со всеми из папки, и чем более похожи тексты (чем больше слов встретилось в том и в другом документе), тем темнее цвет закрашенной ячейки.

Для морфологического анализа текста был использован метод `morphy2`. На основе одной лишь информации о том, как слово пишется, понять, какой разбор правильный, нельзя, поэтому анализатор может возвращать несколько вариантов разбора.

Кроме того, у каждого разбора есть нормальная форма, которую можно получить и в дальнейшем проверять. В этом случае количество совпадений между текстами будет выше [3].

К характеристикам информационной системы можно отнести:

- хранение документов, добавление новых;
- нахождение оценок подобия документов;
- морфологический анализ текста.

Для реализации был выбран язык `python` – высокоуровневый язык программирования общего назначения, ориентированный на повышение производительности разработчика и читаемости кода.

LSI (латентно-семантическое индексирование) успешно применяется к различным задачам поиска информации, к фильтрации информации и классификации документов. Латентно семантическое индексирование ключевых слов стало одним из факторов ранжирования Google. Гораздо более удобно использовать ключевое слово единожды, чем повторять его снова и снова.

Библиографический список

1. **Бермудес, С.Г.** Метод измерения семантического сходства текстовых документов // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2017. – С. 20–25.
2. **Хомоненко, А.Д.** Применение метода латентно-семантического анализа для автоматической рубрикации документов / А.Д. Хомоненко, С.А. Краснов // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2012. – №2 (31). – С. 126–130.
3. **Korobov, M.** Morphological Analyzer and Generator for Russian and Ukrainian Languages // Analysis of Images, Social Networks and Texts. – 2015. – P. 320–332.

УДК 004.056

ЕГОРОВ Ю.С., СЕМЕНОВА А.Р.

ПРИМЕНЕНИЕ КАРТ ВОЗДЕЙСТВИЙ ПРИ КОНЦЕПТУАЛЬНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время разработка программного обеспечения (ПО) регламентируется в основном ГОСТами 19-й и, в случае создания автоматизированных систем, 34-й серии. Эти стандарты определяют перечень этапов, последовательность и порядок их выполнения, формы отчетных документов и т.п. Указанные ГОСТы в части, касающейся разработки ПО, являются устаревшими и не отвечают современным тенденциям в ИТ-отрасли.

Практикой разработки классическая каскадная модель признана неэффективной ввиду недостаточной гибкости, обуславливающей низкую способность реагирования на изменения требований к информационной системе (ИС), что, как правило, приводит к срывам сроков проекта. В связи с этим возникает противоречие между современным технологическим уровнем проектирования ИС и устаревшими требованиями нормативных документов и государственных стандартов.

Интеграция современных гибких методов проектирования ИС на этапах каскадной модели жизненного цикла разработки ПО, а также интеллектуальная поддержка процессов принятия решений позволят как усовершенствовать методические подходы, так и повысить эффективность процесса разработки, что обеспечит возможность получения на выходе качественного ПО, соответствующего всем заданным требованиям (верификация), а также ожиданиям заинтересованных лиц (валидация).

Гибкие методы разработки (так называемые agile-методы) позволяют устранить ряд недостатков классического каскадного метода (метода водопада), заключающихся в недостаточной гибкости и формальном управлении проектами в ущерб срокам, стоимости и качеству. Недостаточная гибкость процесса разработки обуславливает неспособность реагировать на возникающие изменения требований к ИС и может, в конечном итоге, привести к превышению бюджета, срыву сроков и невостребованности программного продукта. Причинами таких изменений могут быть корректировка требований к ПО, ошибки, допущенные при формировании требований, изменения в самой предметной области и т.д. При этом отмечается [1-3], что изменение функциональных требований к ПО в общем случае практически неизбежно, является необходимым условием валидации и принимается как принцип гибкой методологии.

Упростить формирование и структурирование требований, а также обеспечить их соответствие формальным задачам технического задания (ТЗ) позволяет формирование карт воздействий (ImpactMapping) и карт историй (StoryMapping), кроме того, инструмент ImpactMapping позволяет работать с задачами планирования гибкой разработки, облегчая процесс приоритизации требований за счет визуализации их влияния на достижение поставленных бизнес-целей и сценариев применения ИС. Кроме того, при необходимости бизнес-цели, достижение которых обеспечивается реализацией соответствующих функциональных требований, могут быть отображены в виде вех или приведены как дополнительные описания итераций в журнале проекта.

Библиографический список

1. **Коберн, А.** Современные методы описания функциональных требований к системам / А. Коберн. – М.: Лори, 2012. – 263 с.
2. **Расмуссон, Д.** Гибкое управление IT-проектами. Как мастера Agile делают выдающееся ПО / Д. Расмуссон. – СПб: Питер, 2012. – 272 с.
3. **Кон, М.** Scrum: гибкая разработка ПО / М. Кон. – М.: Вильямс, 2011. – 576 с.

УДК 004:378.1

ЕГОРОВ Ю.С., ЧУПРОВ Д.А., КЕРБЕНЕВА А.Ю.

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО ПОРТФОЛИО ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Электронное портфолио – одно из средств накопления индивидуальных результатов образования (особенно компетентностных составляющих этих результатов), которое отражает все достижения обучающегося (учебные, внеучебные, профессиональные), удостоверяет фактические достижения и выступает как доказательное средство достигнутых результатов [1].

Программное обеспечение информационной системы «Электронное портфолио обучающегося» обладает такими функциональными возможностями, как рецензирование и оценка работы обучающихся со стороны любых участников образовательного процесса; накопление

подтверждающих документов, выступающих как доказательство достигнутых результатов; контроль, планирование и оценка обучающимся собственных образовательных достижений.

В системе используются следующие роли пользователей:

- гость – просматривает достигнутые результаты в свободном доступе по предварительному запросу;
- обучающийся – формирует собственное расписание занятий, вводит подтверждающие материалы, взаимодействует с преподавателями;
- преподаватель – формирует собственное расписание занятий, загружает учебные материалы, создает учебные группы, оценивает работы обучающихся, взаимодействует с обучающимися;
- управляющий – формирует учебные курсы, вводит списки преподавателей и обучающихся, осуществляет мониторинг результативности [2];
- системный администратор – ведет базу данных и подтверждающих материалов, управляет правами пользователей.

К основным техническим характеристикам информационной системы относятся:

- распределенный ввод и накопление данных (база данных);
- ввод, хранение и представление подтверждающих документов (система хранения документов и материалов);
- привязка пользователей к организационной структуре учебного заведения;
- расчет значений показателей по подразделениям и обучающимся за различные интервалы времени;
- оперативный анализ динамики показателей результативности;
- контроль достижения запланированных показателей на выбранный момент времени (база данных, аналитическая подсистема);
- настраиваемая визуализация форм и графиков.

Для инженерной реализации был выбран язык PHP – скриптовый язык общего назначения, интенсивно применяемый для разработки веб-приложений.

Электронное портфолио должно быть интегрировано в информационно-образовательную среду образовательной организации как инструмент поддержки образовательного процесса.

Библиографический список

1. **Варламова, Л.Д.** Электронное портфолио в профессионально-личностном становлении будущих инженеров // Информатика и образование. – 2009. – №3. – С. 120.
2. **Баранов, В.Г.** Информационно-аналитическая система мониторинга результативности интеллектуальной деятельности / В.Г. Баранов [и др]. // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2015. – № 11. – С. 12–18.

УДК 004.424

ЕМЕЛЬЯНОВ А.А.

ОПЫТ РЕШЕНИЯ ЦЕЛОЧИСЛЕННЫХ ЗАДАЧ МЕТОДОМ ВЫЧИСЛЕНИЯ ОБРАЗА ФУНКЦИИ ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Волжский государственный университет водного транспорта

В данной работе под функцией понимается структурная единица компьютерной программы, которая имеет аргументы и возвращает некоторое значение. Другими словами, под функцией мы будем понимать те самые функции и/или методы, с которыми мы встречаемся в таких распространенных языках программирования, как C, Java, Javascript, PHP, C# и т.д.

Образ функции – это множество значений, которые могут быть возвращены в качестве результата вызова данной функции над некоторыми аргументами. Так, для любого элемента e из образа функции существует как минимум один вариант значений аргументов, вы-

зов данной функции над которыми возвращает e в качестве результата вычислений. Легко убедиться, что даже если функция может вернуть только значение некоторого конкретного типа данных (это всегда справедливо для статически типизированных языков), то это не означает, что образ данной функции совпадает с множеством всех значений указанного типа.

Продemonстрируем это на примере функции возведения в квадрат, которая определена на множестве целых беззнаковых чисел. Очевидно, что не существует такого аргумента, при котором данная функция вернет, например, значение 5. Образом этой функции будет множество, которое можно записать следующим образом: $\{x^2 \mid x \in \mathbb{N}\}$, где \mathbb{N} – множество натуральных чисел. Эта запись является хорошим примером описания бесконечного множества значений некоторого типа с помощью относительно короткого (а что еще важнее – конечно-го) выражения. В данном примере мы также видим, что указанное выражение отчасти состоит из тела функции: x^2 , и в случае с более сложной функцией данная запись может оказаться много сложнее. Тем не менее, данный пример хорошо демонстрирует суть понятия образа функции для языка программирования.

В данной работе мы рассматриваем разработанный способ вычисления образа функции для чистого ленивого функционального языка программирования. Данный способ рассматривается с точки зрения опыта его использования для решения некоторых задач реверсивного вычисления. Задача реверсивного вычисления является эквивалентом обратной задачи, то есть для некоторой существующей функции $f(x)$ задача реверсивного вычисления может быть сформулирована как задача вычисления такого x , для которого справедливо: $f(x) = y$, где y – известное значение.

В данной работе задача реверсивного вычисления является некоторым обобщением для целого ряда задач, а способ вычисления образа функции – обобщением следующего уровня. Это дает основание полагать, что практические методы вычисления образа функции являются актуальной проблемой для целого множества теоретических и прикладных задач. Цель данной работы – демонстрация базовых принципов вычисления образа функции, подходов к такой формулировке ряда задач, при которой они могут быть решены через вычисление образа некоторой функции и проблем, которые возникают при решении некоторых задач указанным методом.

УДК 004.021

КАМЫШЕВА Т.А., БАРАНОВА А.А., БУШУЕВА М.Е.

НЕЧЕТКИЙ ПОИСК ПО МАЛОМУ СЛОВАРЮ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время всё больше становятся популярными внутренние системы поиска на сайтах (интернет-магазины, социальные сети). Но так как запросы вводятся человеком, то в них неизбежны ненамеренные ошибки. В виду этого, возникает потребность поставить в соответствие введённому слову слово словарное, т.е. необходима реализация нечеткого поиска, задачу которого можно сформулировать как нахождение в тексте или словаре размера p всех слов, совпадающих с этим словом (или начинающихся с этого слова) с учетом k возможных различий [1]. Наиболее точным и приемлемым для небольшого словаря является алгоритм расширения выборки. Из исходного запроса строится множество «ошибочных» слов, для каждого из которых затем производится точный поиск в словаре.

Целью работы является сокращение объема памяти, занимаемого данными, и времени поиска путем доработки процедуры нечеткого поиска.

Оценка сходства двух слов осуществляется с помощью расчета метрик, в данном случае расстояния Дамерау-Левенштейна - минимального количества операций, удаления, замены и транспозиции символов, необходимых для превращения одной строки в другую [2]. По

результатам сравнения каждому слову из словаря присваивается индекс, равный метрике, и слова с наименьшим коэффициентом предлагаются пользователю как наиболее возможный вариант.

Суть доработки состоит в следующих уточнениях:

- изменена стоимость операций превращения одного слова в другое;
- составлены более точные множества окружения для каждого символа;
- улучшены фонетические группы [3].

Для примера, словарь, состоящий из русских слов, размером 2 Мбайт представлен в виде файла расширения .txt. При его полной обработке создается файл индексации, равный 8 Мбайт. При внесении вышеперечисленных поправок множество обрабатываемых слов сокращается. Можно представить это в следующем виде: при транспозиции слово, состоящее из n символов, сгенерирует $N = m^n$ слов, где $m=47$ – число литералов клавиатуры. Однако при использовании множеств – символ заменяется лишь значением, входящим в соответствующее ему множество – количество сгенерированных слов примерно равно $N = k^n$, где $k=4,5125$ – среднее арифметическое числа элементов множеств для каждого литерала. В результате время выполнения программы сократилось с $4,7 \cdot 10^5$ нс до $4,1 \cdot 10^5$ нс. А объемом индексированного файла – с 8400 Кбайт до 2500 Кбайт.

В ходе работы был учтен тот факт, что можно генерировать не всё множество «ошибочных» слов, а только те из них, которые наиболее вероятно могут встретиться в реальной ситуации, например, слова с учетом распространенных орфографических ошибок или ошибок набора. Наши доработки позволяют добиться определенного снижения времени работы и существенного снижения размера индексированного файла.

Библиографический список

1. Smetanin N. Fuzzy string search – (<http://ntz-develop.blogspot.ru>)
2. **Левенштейн, В.И.** Двоичные коды с исправлением выпадений, вставок и замещений символов // Доклады Академии Наук СССР. – 1965. – 163.4. – С. 845–848.
3. Zobel J., Dart P. Phonetic string matching: lessons from information retrieval. In: SIGIR 1996: Proceedings of the 19th ACM SIGIR Conference, pp. 166-172. ACM Press, New York(1996).

УДК 004.89

КИРОВ Д.И., БРОНФЕЛЬД Г.Б.

ВОЗМОЖНОСТИ РАБОТЫ СО ЗНАНИЯМИ НА ОСНОВЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ПРОТОТИПА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ КНИГИ – ЭЛИНГИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Одна из главных проблем научно-технического развития – сатурация (перенасыщение знаниями) – обусловлена превосходством скорости накопления знаний над скоростью их обработки/усвоения.

Основное направление решения – интеграция знаний. Основной инструмент для этого в элинге – технология прямого наложения знаний (ТПНЗ), впервые намеченный Д.Греем [1]. ТПНЗ использует свойство интертекстуальности текстов для исключения дублирования знаний [2], что резко сокращает объем базы знаний (БЗ), так как в научно-технических текстах содержание текстов других авторов доходит до 90-95%.

Для введения ТПНЗ знания промоделированы по-новому [3, 4]. За основу моделей знаний взято предложение как основной носитель для выражения мыслей человека [2]. Модель описания знаний, названная молингой [3, 4], заключается в представлении предложений текста в виде маленькой семантической сети, с составлением словарей терминов (включая синонимы), отношений, качественных и количественных признаков и т.д. При вводе знаний

в виде молинг в БЗ, указываются идентификаторы из какого текста-источника и места в исходном тексте. Повторение знаний, имеющихся в БЗ, приводит к повышению достоверности (все пометки дублированных знаний в виде набора идентификаторов сохраняются). А то чего нет, вводится и увеличивает объем БЗ.

Прототип элинги позволяет [3, 4]:

- заносить в нее постепенно большое количество знаний;
- получать пользователю (с минимальной подготовкой) требуемый результат сразу (почти со скоростью расчетных программных средств) без изучения технической литературы;
- работать в широкой предметной области;
- пользователям с невысокой подготовкой постепенно получать результаты на уровне лучших специалистов мира.

Элинга для потребителя выступает как «носитель знаний», или иначе, – локальная библиотека достоверных знаний в конкретной предметной области и смежных областях.

Система выдает ответы на запросы пользователя в виде блоков ядер молинг (простых предложений) на основе разных принципов, в том числе, при логическом выводе – через связь понятий на основе модифицированное правило *modusponens*, применительно к БЗ из молинг [3, 4]. С точки зрения лингвистики – это уже выдача связанного текста [2].

Пользователь фактически сам с помощью элинги конструирует текст, несущий нужное ему содержание с понятным ему смыслом. В процессе поиска решения, элинга быстро помогает разобраться и уточнить особенности решаемой задачи.

Библиографический список

1. Gray J., CzalayA. The World – Wide Telescope, an Archetype for Online Scienc, 2002.
2. **Лукин, В.А.** Художественный текст: Основы лингвистической теории. Аналитический минимум / В.А. Лукин. – М.: Изд-во «Ось-89», 2009. – 560 с.
3. **Бронфельд, Г.Б.** Основы искусственного интеллекта: учеб. пособие / Г.Б. Бронфельд. – Н. Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2014. – 253 с.
4. **Бронфельд, Г.Б.** Прямое наложение знаний и его возможности. Анализ, методология, новая модель знаний, алгоритмы, возможности «невозможности». - Saarbrucken, Deutschland: LAP LAMBERT Academic PUBLISHING, 2014. – 236 с.

УДК 004.93'12

МАСЛЕННИКОВ А.Г., КОРЯЧИХИНА А.С., ДМИТРИЕВ Д.В.

РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ БИОМЕТРИЧЕСКОЙ ВЕРИФИКАЦИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Использование систем биометрической верификации [1], по сравнению с классическими методами проверки подлинности пользователя, имеет такие преимущества, как простота процедуры сканирования для конечного пользователя, более высокая степень защиты от подлога.

Была поставлена задача разработки веб-приложения для сбора и обработки изображений, поддерживающего работу одновременно с двумя системами верификации пользователей: основанной на создании отдельной обученной модели свёрточной нейронной сети для каждого отдельного пользователя и заранее обученной единой модели, которая вычисляет вектор различий между двумя изображениями: проверяемым и эталонным. Веб-приложение должно изменять свое поведение и отображение в зависимости от текущей выбранной архитектуры сети.

Был создан прототип, в котором реализованы следующие требования к приложению:

1. Регистрация пользователя.

2. Режим непрерывного захвата изображений для построения обучающей и тестовой выборок (в том случае, когда используется система, для обучения новой модели или дообучения существующей модели которой необходимо наличие обучающей и тестовой выборок).

3. Режим верификации пользователя. В данном случае захватывается только одно изображение, которое подается на вход системы верификации. Этот режим активируется только тогда, когда для данного пользователя уже существует обученная модель либо эталонное изображение (в зависимости от выбранной архитектуры).

Сбор изображений для обработки производится с помощью захвата видеопотока с веб-камеры пользователя.

Система верификации построена на микросервисной архитектуре, где каждая подсистема является микросервисом, имеет изолированный набор задач и использует сетевые протоколы для передачи информации другим микросервисам, поэтому важной задачей является сокращение трафика, который генерируется при работе системы. Для того, чтобы повысить скорость работы системы и снизить нагрузку на сеть, на захваченном с видеопотока изображении детектируются лица, после чего изображение обрезается по размерам найденного лица.

Таким образом изображения, на которых нет лиц, не будут посланы на обработку, что значительно сократит сетевой трафик и время работы остальных подсистем. Детектирование лиц происходит с помощью каскадного классификатора, построенного на основе метода Виолы-Джонса [2], конфигурация которого настроена на распознавание лиц на изображении.

Разрабатываемое приложение позволит упростить процесс верификации для конечного пользователя, поскольку обладает удобным интерфейсом, а также ускорить процесс тестирования и отладки самой системы верификации, так как приложение не требует установки и может быть запущено с любого устройства с выходом в Интернет и доступом к камере.

Библиографический список

1. **Попов, М.** Биометрические системы безопасности // БДИ №1(41), 2002.
2. **Виола, П.** Robust real-time face detection / П. Виола, М. Джонс // IJCV №57(2), 2004.

УДК 004.981

МИНК А.В., КУЛИГИНА Н.О.

ПРОБЛЕМЫ ЭВОЛЮЦИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

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

Автором термина «искусственный интеллект» является Джон Маккарти, изобретатель языка Лисп, основоположник функционального программирования и лауреат премии Тьюринга за огромный вклад в области исследований искусственного интеллекта.

Искусственный интеллект – это способ сделать компьютер, компьютер-контролируемого робота или программу, способную также разумно мыслить, как человек.

Если верить новостям, опросам и показателям инвестиционной привлекательности, искусственный интеллект и машинное обучение скоро станут неотъемлемой частью нашей повседневной жизни.

Подтверждением этого тезиса является череда нововведений и прорывов, которые показали мощь и эффективность ИИ в различных областях, включая медицину, торговлю, финансы, СМИ, борьбу с преступностью и многое другое.

Но в то же время бурное развитие ИИ подчеркнуло тот факт, что, помогая людям в решении их задач, машины, вместе с тем, станут причиной возникновения новых проблем, которые могут повлиять на экономические, правовые и этические основы нашего общества.

Отсюда вытекают четыре вопроса, которые компании, занятые в разработке искусственного интеллекта, должны решить по мере развития технологии и расширения сфер ее применения.

Автоматизация снижала количество рабочих мест в производстве в течение многих десятилетий. Скачкообразные темпы развития искусственного интеллекта ускорили этот

процесс и распространили его на те сферы жизни человека, которые, как принято было считать, еще довольно долго должны были оставаться монополией человеческого интеллекта.

Управление грузовиками, написание новостных статей, ведение бухучета, алгоритмы искусственного интеллекта угрожают рабочим местам среднего класса как никогда раньше. Идея замены врачей, юристов или даже президентов искусственным интеллектом не кажется уже такой фантастичной.

В то же время верно и то, что революция ИИ создаст много новых рабочих мест в исследовательской сфере, сферах машинного обучения, инженерии и информационных технологий, которым потребуются человеческие ресурсы для разработки и поддержки систем и программного обеспечения, участвующих в работе алгоритмов ИИ. Но проблема заключается в том, что в большинстве своем люди, которые теряют рабочие места, не обладают навыками, необходимыми для того, чтобы занять такие вакантные должности.

Таким образом, с одной стороны, мы имеем расширяющийся кадровый вакуум в технологических областях, а с другой, – растущий поток безработного и раздраженного населения. Некоторые лидеры рынка технологий даже готовятся к тому дню, когда народ с вилами постучится к ним в двери.

Чтобы не упустить контроль над ситуацией, индустрия высоких технологий должна помочь обществу адаптироваться к тем серьезным изменениям, которые отразятся на социально-экономическом ландшафте, и плавно перейти к будущему, где роботы будут занимать все больше и больше рабочих мест.

Обучение новым техническим навыкам тех людей, чьи рабочие места в будущем отойдут ИИ, станет одним из воплощений подобных усилий. Кроме того, технологические компании могут использовать перспективные направления, типа когнитивных вычислений и программирования на основе естественного языка, чтобы помочь упростить задачи и снизить порог вхождения в высокотехнологичные профессии, делая их доступными для большего числа людей.

В долгосрочной перспективе правительствам и корпорациям нужно продумать возможность введения универсального основного дохода – безусловных ежемесячных или ежегодных выплат всем гражданам, так как мы медленно, но уверенно, движемся в сторону дня, когда все работы будут выполняться роботами.

Как было доказано на нескольких примерах в последние годы, искусственный интеллект может быть столь же, а может даже более необъективен, чем человек.

Машинное обучение – популярная ветвь ИИ, которая стоит за алгоритмами распознавания лица, контекстной рекламой и многим другим, в зависимости от данных, на основе которых строится обучение и отладка алгоритмов.

Проблема состоит в том, что, если информация, вносимая в алгоритмы, будет несбалансированной, в результате на выходе может возникать скрытая и открытая тенденциозность, основанная на этой информации. В настоящее время сфера искусственного интеллекта страдает от распространенной беды под общим названием «проблема белого человека», т.е. преобладании белых мужчин в результатах его работы.

По этой же причине в конкурсе красоты, жюри которого был искусственный интеллект, были награждены главным образом белые конкурсантки, алгоритм, выбирающий имена, отдавал предпочтение «белым» именам, а рекламные алгоритмы предпочитали показывать высокооплачиваемые вакансии для посетителей мужского пола.

Еще одна проблема, вызвавшая множество споров в прошлом году, – это так называемый «пузырь фильтров». Явление, которое было замечено в Facebook и других социальных медиа, которые опираясь на предпочтения пользователей, делали рекомендации, соответствующие этим предпочтениям, и скрывали альтернативные точки зрения.

Пока что большая часть подобных случаев выглядит как досадные ошибки и забавные случаи. Однако необходимо внести ряд существенных изменения в работу ИИ, если он будет призван выполнять куда более важные задачи, такие как, например, вынесение вердиктов в суде. Также необходимо принять меры предосторожности по предотвращению вмешательства в работу алгоритмов ИИ со стороны третьих лиц, направленного на искажение результатов работы ИИ в свою пользу путем манипулирования данными.

Этого можно достичь, сделав процесс наполнения алгоритмов данными прозрачным и открытым. Создание общих хранилищ данных, которые не будут принадлежать кому-то одному и могут быть проверены независимыми органами, могут помочь в продвижении к этой цели.

Кто виноват в программном или аппаратном сбое? До появления ИИ было сравнительно легко определить, был ли инцидент результатом действий пользователя, разработчика или завода-производителя.

Но в эпоху технологий, управляемых ИИ все стало не столь очевидным.

Алгоритмы машинного обучения сами определяют, как реагировать на события. И несмотря на то, что действуют они в контексте вводимых данных, даже разработчики этих алгоритмов не могут объяснить, как действует их продукт, принимая решение в конкретном случае.

Это может стать проблемой, когда алгоритмы искусственного интеллекта начнут принимать более важные решения, например, чью жизнь спасти в случае неотвратимости ДТП – пассажира и пешехода.

Пример можно распространить на множество других возможных сценариев, в которых определение виновности и ответственности будет затруднительно. Что делать, когда система автоматического введения лекарственных средств или робот-хирург нанесут вред пациенту?

Когда границы ответственности размыты между пользователем, разработчиком и оператором ввода данных, каждая из сторон будет стараться переложить вину на другого. Поэтому необходимо разработать и ввести новые правила, чтобы иметь возможность предупредить возможные коллизии и решать юридические вопросы, которые окружают ИИ в ближайшем будущем.

ИИ и МО потребляют огромные объемы данных, и компании, чей бизнес строится вокруг этих технологий, станут наращивать объемы сбора пользовательских данных, с согласия последнего или без него, чтобы сделать свои услуги более целенаправленными и эффективными.

В пылу охоты за большим количеством данных, компании могут выйти за границы конфиденциальности. Подобный случай имел место, когда один розничный магазин узнал и случайно выдал рекламной рассылкой купонов тайну беременности девочки-подростка ее ничего не подозревающему отцу. Другой случай, произошедший совсем недавно, коснулся передачи данных Национальной службой здравоохранения Великобритании проекту DeepMind компании Google, что якобы было направлено на улучшение прогнозирования заболевания.

Существует также вопрос злоумышленного использования искусственного интеллекта и машинного обучения как правительственных, так неправительственными организациями. Довольно эффективное приложение распознавания лиц, разработанное в прошлом году в России, может стать потенциальным инструментом для деспотических режимов, стремящихся выявить и расправиться с диссидентами и протестующими. Еще один алгоритм машинного обучения оказался эффективным при распознавании и восстановлении изображений, замазанных блюром или пикселированием.

ИИ и МО дают возможность злоумышленникам выдавать себя за других людей, имитируя их почерк, голос и манеру общения, обеспечивая их невиданным по своей силе инструментом, который может быть использован в разного рода противоправных деяниях.

Если компании, разрабатывающие и использующие технологию ИИ, не будут регулировать процесс сбора и распространения информации и принимать необходимые меры для анонимизации и защиты пользовательских данных, их деятельность, в конечном итоге, будет причинять вреда больше, чем приносить пользы. Использование и доступность технологии должны регулироваться таким образом, чтобы предотвратить или свести к минимуму ее деструктивное использование.

Пользователям также нужно ответственно относиться к тому, чем они делятся с компаниями или постят в Интернете. Мы живем в эпоху, где неприкосновенность частной жизни становится товаром и ИИ этому только способствует.

Есть преимущества и недостатки у каждой прорывной технологии. И искусственный интеллект не является исключением. Важно то, что мы можем определить проблемы, которые лежат перед нами, и признать нашу ответственность, чтобы быть уверенными, что мы можем в полной мере воспользоваться преимуществами и минимизировать негативные последствия.

СОЗДАНИЕ ШЛЕМА ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ ЕСТЕСТВЕННОГО ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ЭКЗОСКЕЛЕТОМ

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

С развитием знаний в области информационных технологий и автоматизации технических процессов разрабатываются устройства, помогающие человеку во всех сферах жизнедеятельности. Наибольшую актуальность приобретают инструментальные разработки в области виртуальной реальности. В настоящее время на кафедре «Автоматизация, транспортные и информационные системы» ДПИ НГТУ проводятся работы по созданию шлема дополненной реальности для естественного отображения информации при управлении экзоскелетом.

На мировом рынке существуют несколько решений для отображения информации напрямую на глаза. Данные устройства развиваются с середины 90-х годов прошлого века и на данный момент представлены третьим поколением устройств подобного типа. Первое поколение очков виртуальной реальности представлено одним устройством с монохромным одномерным (строковым) дисплеем, который двигался по вертикали и создавал иллюзию цельного экрана перед глазами. Второе поколение представлено множеством различных устройств, предназначенных для комфортного просмотра фильмов, но также имеет дисплеи низкого разрешения. Третье поколение представлено множеством различных устройств, среди которых можно выделить основные:

OculusRift – первое устройство третьего поколения, способное отображать картинку в таком виде (side-by-side, SBS). Не так давно была выпущена первая коммерческая версия продукта, имеющая максимальное на данный момент разрешение экрана в 1440р (2560 × 1440). Примерная цена на данное устройство 1000\$

HTCVive – второе выпущенное устройство данного типа. В нём впервые был применён комплекс камер для отслеживания положения пользователя в пространстве. Также данное устройство первым получило два устройства ввода, которые отслеживаются в пространстве.

RazerOSVR – платформа с открытым исходным кодом. Проект активно развивается. Существуют как готовые решения, так и комплекты для сборки (DIY-комплекты). Так же, этот проект позволяет использовать любые доступные компоненты и, благодаря открытому коду и возможности модификации, постоянно пополняет список поддерживаемых компонентов. Именно этот проект авторы использовали как основу для устройства отображения картинки в своём шлеме.

Существующие решения в этой области являются узкоспециализированными и не предназначены для выполнения поставленной задачи. Они ограничиваются отображением картинки и отслеживанием положения головы. Их главная задача – предоставление нового опыта в видеоиграх. В отличие от шлема, в очки нельзя интегрировать встроенный компьютер (в перспективе два – один для отображения интерфейса и изображения с камер, второй – в качестве настоящего компьютера, использующего вместо монитора данное устройство типа «шлем»), батарею, устройства объёмного звука, камеру, нейроинтерфейс и т. д. Вторым, не менее важным недостатком, является их стоимость. Решение, представленное в этой работе, стоит на несколько порядков меньше, хоть и является менее совершенным в техническом плане и предоставляет не все возможности отслеживания головы.

Данные устройства сложно назвать аналогами, поскольку их основная функция – отображение картинки. Данная работа использует это для отображения картинки, но не только. Главная функция шлема – дополненное и удалённое зрение. Шлем отображает картинку с любой подключенной камеры, как закреплённой непосредственно на шлеме, так и расположенной в любом другом месте. Данный проект в качестве источника изображения может использовать не только обычную камеру со стандартным цветовым диапазоном, но и использовать инфракрасные камеры, камеры ночного видения, термокамеры, камеры с сильной опти-

кой (типа «телескоп»). Кроме этого, шлем способен работать в режиме виртуального монитора, получая картинку с компьютера или иного устройства (по протоколу HDMI, возможно получение изображения с аналоговых источников через различные технические решения).

Таким образом, мы разрабатываем проект шлема дополненной реальности, функциональная особенность которого заключается в управлении полным экзоскелетом. Полный экзоскелет – это устройство, способное получать и воспроизводить движения пользователей без внешнего или внутреннего физического воздействия (т.е. не усиливать действия пользователя, как неполные каркасные скелеты, а воспроизводить независимо за счёт внутренних механизмов).

Проектируемое устройство разрабатывается на основе HMD шлема, имеющего встроенный компьютер, батарею, устройства объёмного звука, камеру и др. В качестве основы шлема используется мотошлем со снятым визором (стеклом). Шлем имеет встроенную стерео-аудиосистему (наушники). Дисплей и прочие модули устанавливаются на шлем с помощью каркаса. Поверх каркаса необходимо создать корпус из оргстекла и установить широкоформатную оптику на камеру.

Уникальность проекта заключается в функционале использования данного устройства, возможности удаленного использования и наличии встроенного процессора. Планируется снабдить шлем дополненной реальности дисплеем высокой четкости и системой линз, что позволит отображать информацию в естественной для пользователя форме, без использования внешних мониторов.

Целью разработки является:

- создание удобного средства отображения картинки для пилота экзоскелета;
- создание базы под систему дополненного и удалённого зрения для расширения возможностей воспринимаемой человеком информации;
- создание аппаратного комплекса, в который можно интегрировать нейроинтерфейс и нейросимуляторы для проведения экспериментов над человеческим восприятием и сбора данных о том, как мозг получает, воспринимает, обрабатывает и реагирует на зрительные образы.

Для реализации некоторых программных решений проведена работа по написанию специализированного ПО для демонстрации основных функций устройства. На основе функциональной модели разработаны и сформированы алгоритмы возможной работы системы.

Выбор технических компонентов обусловлен доступностью каждого из компонентов, их ценой и соотношением цена/качество.

Некоторые компоненты, такие как экран и микроконтроллер, были выбраны из-за того, что им нет аналогов в рамках поставленной задачи либо их аналоги стоят в несколько раз дороже.

Система линз была выбрана за лучшее качество в широком ценовом диапазоне low-end сегмента (категория товаров низкого ценового диапазона, приближающаяся к среднерыночным ценам на схожие устройства).

Камера была выбрана из-за её наличия на момент написания данной работы, а также за её возможность передавать изображение в высоком разрешении.

В качестве языка программирования косвенно используется C# и UnityScript, так как эти языки являются основными в используемом 3Д движке. Но, поскольку в программной части используются готовые модули, обеспечивающие совместимость с аппаратной частью, язык программирования не используется напрямую для написания кода, а используется для анализа модулей их настройки под целевые задачи.

В качестве программной платформы выбран проект с открытым исходным кодом под названием OSVR (OpenSourceVirtualReality).

Выбор основывался на том, что OSVR является единственным программным продуктом, предназначенным для реализации устройства отображения. Остальные решения предполагают использование фирменных очков виртуальной реальности для своего функционирования. Проект RazerOSVR создан для того, чтобы как можно большее количество людей

могли приобщиться к новым тенденциям виртуальной реальности, и предоставляет официальную возможность разработки своих собственных очков, совместимых с существующими протоколами за счёт полностью открытого кода сервера и поддержки сторонних модулей совместимости. Для разработки программной части, используется популярный 3D движок Unity3D последней на данный момент версии 5.6. Данный движок был выбран из-за наличия для него готовой библиотеки совместимости для аппаратной платформы (RazerOSVR), а также за его низкие требования к аппаратной части компьютера. Движок обеспечивает весь спектр возможностей для решения поставленной задачи, а также имеет магазин модулей (assets), в котором присутствуют основные компоненты, требуемые для разработки ПО. К таким компонентам относятся:

- OSVRUnity – библиотека совместимости средства отображения, позволяющая использовать трекер для управления камерой в 3D пространстве и разбивающая цельное изображение на две части согласно формату SBS;
- AVProLiveCamera – библиотека, позволяющая использовать изображение с источника сигнала как текстуру для 3D или 2D объекта (mesh). Данная библиотека так же позволяет использовать изображение с аналогового декодера сигнала типа «композит» («тюльпан»), что расширяет возможности ПО и увеличивает типы возможных камер, которые можно подключить.

В текущем ПО используется демо-версия AVProLiveCamera, что накладывает некоторые ограничения в использовании. Однако основную проблему в виде перевернутого и отзеркаленного отображения картинки удалось решить штатными средствами Unity3D.

Библиографический список

1. Набор библиотек, ядро и сервер OSVR[Электронный ресурс] 2017url адрес: <http://osvr.github.io/using/>
2. Инструкция по настройке очков для совместимости с OSVR[Электронный ресурс] 2017urlадрес:<https://www.youtube.com/watch?v=A2WKILx9m7w>
3. Видеоинструкция по настройке экрана и OSVR, url адрес: <https://www.youtube.com/watch?v=A2WKILx9m7w>
4. Видеоинструкция по настройке OSVR, url адрес: <https://www.youtube.com/watch?v=WXuigXk0Tls>
5. Сайт о VR интерфейсах, url адрес: <http://www.uxofvr.com/>,
6. Сайт модуля камеры, url адрес: <http://renderheads.com/product/av-pro-live-camera/>
7. Сайт модуля совместимости, url адрес: <https://github.com/OSVR/Unity-VR-Samples/tree/master/Assets/OSVRUnity>

УДК 004.9

ПОЛИКАРПОВА А.А., КАЛИНИНА Н.А.

ПРОЦЕДУРЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ КОНТЕНТА ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ ПРЕДПРИЯТИЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

На сегодняшний день информационные системы (ИС) являются неотъемлемой частью любого предприятия. Каждая ИС направлена на организацию оптимальной работы предприятия и эффективное ускорение его производственных процессов. Однако, несмотря на всю функциональную развитость систем, существуют аспекты, которые можно и нужно совершенствовать. Так, в информационно-справочных системах (ИСС), работающих со справочными, нормативно-методическими и правовыми документами, доступ к данным не всегда организован удобно и практично. Внутренняя структура данных зачастую скрыта от пользователя и в результате ориентироваться в предоставляемой информации оказывается затруднительно.

Решение описанной проблемы возможно с помощью разработки специальных процедур представления контента ИСС, позволяющих эффективно использовать весь материал, предлагаемый информационно-справочной системой предприятия за счет дополнительного структурирования и упорядочения.

В современных ИСС хранение информации часто организовано в виде сети знаний – оргграфа, вершинами которого являются информационные объекты предметной области, а дугами – отношения между ними. Поэтому при разработке процедур представления контента ИСС главной задачей которых является построение такого порядка его применения, который обеспечит наиболее эффективное освоение предоставляемых материалов, в качестве алгоритмов обработки данных выбраны алгоритмы топологической сортировки.

Одними из самых распространенных алгоритмов топологической сортировки являются алгоритм Демукрона и алгоритм топологической сортировки с помощью обхода в глубину [1]. Алгоритм Демукрона применим в тех случаях, когда сеть знаний хранится в виде матрицы смежности, а алгоритм топологической сортировки с помощью обхода в глубину – когда сеть знаний хранится в виде списка смежности.

На основе проведенного анализа функциональных требований разработаны следующие процедуры представления контента информационно-справочной системы:

- процедура формирования сети знаний предприятия;
- процедура поиска материалов по запросу пользователя;
- процедура упорядоченного представления результатов поиска;
- процедура отображения фрагмента сети знаний, соответствующего результатам поиска.

Практическая значимость таких процедур заключается в первую очередь в том, что в результате поиска пользователь будет получать не просто набор релевантных документов, а их упорядоченную последовательность, направленную на более эффективное освоение предоставленных материалов.

Внедрение описанных процедур в ИСС предприятия особенно полезно для малоопытных сотрудников, только пришедших на работу и от которых ожидают быстрого подключения к рабочим процессам.

-
1. Белоусов, А.И. Дискретная математика: учеб. для вузов / А.И. Белоусов, С.Б. Ткачев; под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко. – 3-е изд., стереотип. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 744 с. Сер. Математика в техническом университете. – Вып. XIX.

УДК 004.912

ПОТЕХИН М.В., СИДОРОВА Е.В.

МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ТЕКСТОВОЙ ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ ГРАФА С СЕМАНТИЧЕСКОЙ БЛИЗОСТЬЮ ТЕРМОВ В ЗАДАЧЕ КЛАССИФИКАЦИИ ТЕКСТОВЫХ ДОКУМЕНТОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Задача классификации документов в основном решается с помощью машинного обучения. Формально его можно записать с помощью данной формулы:

$$F(d_j, c_i) = \begin{cases} 0, & d_j \notin c_i \\ 1, & d_j \in c_i \end{cases}$$

где d_j – множество документов; c_i – множество категорий.

Для работы с текстовой информацией её необходимо представить в более удобном виде. Наиболее известный способ представления информации является векторная модель.

Векторная модель – это представление каждого документа в виде вектора в общем векторном пространстве. В простейшем виде векторная модель сопоставляет каждому документу набор определенных термов. Работа с таким представлением сводится к использованию методов статистического анализа. При таком представлении учитывается лишь частота слов в тексте и их вес, но не учитывает семантическая связь.

В данной работе предлагается построить модель представления текстовых данных в виде мультиграфа, вершинами которого являются термины, а ребрами – семантическая связь между ними.

Мультиграф – граф который может соединять ребрами одну и ту же пару вершин множество раз.

Далее применим данное представление в задаче классификации документов. В итоге нужно сравнить результат классификации с векторным представлением и узнать, влияет ли семантическая близость терминов на качество классификации или нет.

Создание данной модели можно разделить на несколько этапов:

1. Предобработка текста, включает в себя: удаление функциональных слов (союзов, предлогов и т.п.), нормализация слов. Данный этап значительно сократит размерность текста, далее будут использоваться только значимые слова. Этап характерен для всех моделей.

2. Выделяем из текста множество уникальных терминов.

3. Из уникальных терминов формируется мультиграф, так как термины в тексте могут повторяться.

4. Определяется семантическая близость терминов.

Четвертый этап является самым важным, так как именно связанность терминов является ключевым в данном текстовом представлении. Имеется довольно много решений для нахождения семантической связанности терминов и текстов:

- использование семантических сетей таких как WordNet, RussNet;
- метод вычисления семантической близости между терминами, основанный на сборе контекстных множеств терминов.

Экспериментальные результаты показали, что метод является эффективным [1, с. 5].

-
1. **Бондарчук, Д.В.** Определение семантической близости терминов с помощью контекстного множества // сборник научных трудов по материалам I Международной конференции 5-6 мая 2016 г. / под общ.ред. А. Г. Тягунова. – Екатеринбург: Изд-во УМЦ УПИ, 2016. – С. 175-179 – Режим доступа <http://hdl.handle.net/10995/43751>

УДК 37.01/09

СЛЮДОВА Н.А., ПАКШИНА Н.А.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИДЕОРЯДА В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

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

Теория автоматического управления является достаточно сложной дисциплиной. Поэтому встает задача включения в учебный процесс элементов, способствующих усилению внутренней мотивации обучающихся, например, добавление исторических справок на лекционных и практических занятиях и уделение особого внимания выдающимся ученым, которые стояли у истоков этой науки. Для того чтобы повысить восприятие учебной информации, необходимо учитывать принцип модальности [1, с. 64], то есть одновременно задействовать зрительные и слуховые каналы восприятия информации. Удобнее всего для этого использовать учебные видеоролики. В целом, видеоматериалы являются мощным дидактическим учебным средством [2, с. 3, 4].

Перед авторами данной публикации была поставлена задача разработать демонстрационное средство обучения на базе видеоряда, т.е. небольшой видеоклип с присоединенной к нему тестирующей программой. В качестве темы была выбрана «Александр Михайлович Ляпунов». Видеоролик знакомит студентов с теми направлениями науки, вклад Ляпунова в которые был особенно велик: это теория устойчивости, теория вероятностей и др. Сделан акцент на то, что он явился общепризнанным основоположником линейно-матричных неравенств (LMI), которые широко используются в теории автоматического управления.

Видеоряд останется просто источником информации и не будет средством обучения, пока к нему не подсоединить какое-либо проверочное средство. В нашем случае в качестве контроля используется компьютерный тест. Тестовые вопросы подаются испытуемому в случайном порядке. Выборка осуществляется из базы в 16 вопросов, а студент должен ответить на 10 из них. Тест открывается большинством популярных браузеров, в том числе Opera, Internet Explorer, Google Chrome. Текстологическая составляющая видеоряда и теста минимизирована и взята преимущественно из монографий [3, 4].

Для того чтобы избежать негативных моментов, в педагогическом процессе важно уделить внимание поддержке при ошибках. В данном случае применяется принцип дружелюбности, т.е. на странице результатов отображаются не только итоги тестирования, но и ободряющий комментарий-афоризм.

В заключении следует отметить высокий интерес целевой аудитории к учебным видеоматериалам. Подобные системы могут быть рекомендованы для применения на занятиях по самым разным дисциплинам. Видеоролик «Александр Михайлович Ляпунов» предназначен для использования на вводных лекциях в рамках курсов «Математика», «Механика», «Теория автоматического управления» и «Линейные матричные уравнения и неравенства», а также при дистанционном обучении.

Библиографический список

1. **Пакшина, Н.А.** Введение в компьютерные технологии обучения: учеб. пособие / Н.А. Пакшина. – Нижний Новгород: НГТУ, 2010. – 201 с.
2. **Крук, Б.И.** Использование видео в дистанционном обучении / Б.И. Крук, О.Б. Журавлева. – 2-е изд. – Новосибирск: 2017. – 150 с.
3. **Пакшина, Н.А.** Александр Михайлович Ляпунов: родословная и детские годы: монография / Н.А. Пакшина. – Нижний Новгород: Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева, 2015. – 191 с.
4. **Пакшина, Н.А.** Александр Ляпунов: гимназические годы: монография / Н.А. Пакшина. – Нижний Новгород: Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева, 2017. – 170 с.

УДК 336

ЮРЛОВА Н.Н., МОИСЕЕВА Е.Г.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОВРЕМЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

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

Информационная система – это ядро предприятия, охватывающее единым информационным потоком все сферы его деятельности. Внедрение информационных технологий позволяет обеспечить максимальный уровень экономической безопасности, что, в свою очередь, является одной из важнейших задач любой организации. Поэтому использование информационных технологий в аспекте обеспечения экономической безопасности предприятия весьма актуально.

Экономическая безопасность и информационная как ее неотъемлемая составляющая – это состояние наиболее эффективного использования ресурсов для предотвращения угроз и обеспечения стабильного функционирования предприятия в будущем.

Выделяют различные организационные и технические меры защиты информации. К организационным мерам относят формальные процедуры и правила работы с важной, секретной информацией, информационными сервисами и средствами защиты. Технические меры подразумевают использование информационных технологий для защиты информации.

Перечисленные меры обеспечивают свою функциональность только с использованием различных средств, которые также можно разделить на группы: физические; аппаратные; программные; криптографические; административные; законодательные; морально-этические.

Первые три группы подразумевают применение информационных технологий. Рассмотрим их более подробно.

1. Физические средства защиты обеспечивают внешнюю и внутреннюю охрану территории, препятствие на путях проникновения и доступа к компонентам автоматической системы и конфиденциальной информации, защиту от стихийных бедствий природного характера. К системам защиты от проникновения относятся различные виды запирающих устройств и хранилища. К системе ликвидации угроз можно отнести систему пожаротушения, а также устройства со встроенными датчиками, которые прикрепляют к приборам, документам, системным блокам, чтобы защитить от выноса за территорию предприятия или помещения.

2. Аппаратные средства защиты – это различные электронные или электромеханические устройства, встроенные в блоки автоматизированной информационной системы или существующие в виде автономных устройств и сопрягающиеся с этими блоками. Их задачей является внутренняя защита структурных элементов средств и систем вычислительной техники, например, процессоров, терминалов, периферийного оборудования.

3. Программные средства защиты входят в состав программного обеспечения автоматизированной информационной системы или являются элементами аппаратных систем защиты. Их преимущество в универсальности, гибкости, надежности, простоте установки, способности к обновлению и развитию. Однако есть и недостатки, такие как ограниченная функциональность сети, использование части ресурсов файл-сервера и рабочих станций, высокая чувствительность к случайным или преднамеренным изменениям.

Таким образом, обзор информационных технологий показал, что современные системы безопасности находятся на высоком уровне развития, они способны обеспечивать не только защиту предприятия, но и всей базы данных, сохраняя, тем самым, стабильность экономического положения организации.

УДК 338.24

АНДРЕЕВА О.В., БАГИРОВ М.Б.

СВЕРТОЧНЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ В ЗАДАЧЕ РАНЖИРОВАНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Промышленные компании всего мира ежедневно тратят большое количество времени на поиск поставщиков и потребителей. Безусловно, существующее количество компаний предполагает большой объем данных, поиск по которым представляет особый интерес. Задача поиска осложняется наличием данных на разных языках, вследствие чего актуальной является задача формирования соответствия между терминами в мультязыковой системе. Задача ранжирования заключается в построении векторного пространства, для того чтобы в дальнейшем задать соответствие запрос-документ. В рамках текущей задачи, необходимо сформировать словарь значимых сочетаний из параллельных текстов. Под значимыми сочетаниями в данном случае понимается пара “имя продукта-параметр”, имеющие тенденцию к совместной встречаемости, где каждая пара может быть представлена на трех языках.

Формально задача может быть описана следующим образом. Каждый запрос q_i из множества $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_n\}$ может быть представлен как $q_i = \{key_1, parameter_1, value_1, \dots, parameter_N, value_N\}$. Для каждого запроса q_i существует список наборов документов кандидатов $D_i = \{d_{i1}, d_{i2}, \dots, d_{in}\}$, где каждый набор документов d_{ij} представлен записями на разных языках. Также D сопровождается оценками релевантности $\{y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{in}\}$, где релевантный документ имеет оценку 1, а не релевантный 0. Задача сводится к построению системы, которая для каждого q_i и списка кандидатов D_i формирует оптимальный ранк R , таким образом, чтобы документы можно было выстроить в порядке их релевантности начиная с начала списка.

В качестве подхода к обучению ранжирования был выбран поточечный подход, предполагающий, что каждой паре “запрос-документ” ставится в соответствие численная оценка. Однако с дополнением, что каждому запросу соответствует набор документов, на трех языках, численная оценка для которых идентичная. Таким образом, необходимо предсказать оценку для каждой пары “запрос-документ”.

Для решения поставленной задачи использовались нейронные сети глубокого обучения.

Мультязыковое отображение было реализовано следующим образом. Фраза может быть представлена как конкатенация имени продукта, специфичного параметра и соответствующего значения. Операция свертки предполагает применение фильтров к исходным данным. Для получения сверточного слоя был применен фильтр W к h последовательным словам для того, что бы сформировать новое свойство ci . Этот же фильтр использовался для всех последующих окон размером h со смещением в 1 слово для того, что бы получить карту признаков $c = [c_1, c_2, \dots, c_{n-h+1}]$.

Таким образом, получают три набора карт признаков, соответствующих отдельному языку. Применим сигмоидальную функцию активации к выходам с первого сверточного слоя, так как она позволит усилить слабые сигналы и предотвратить насыщение от сильных сигналов.

Идея ранжирования основана на возможности представления входных предложений в виде векторов, которые могут быть использованы для вычисления сходства между ними. Вектора, характеризующие запрос и документ могут быть объединены в единое пространство для определения подобия. Таким образом, коэффициент соответствия между векторами за-

проса и документа может быть представлен как $R(xq,xd)=xqMxd$, где M – это матрица соответствия, которая подбирается в процессе обучения нейронной сети.

Для тестирования полученной реализации были использованы каталоги продукции компаний, общее число компаний составило 2200. Каждое название продукта и параметры были переведены на три языка. Результаты тестирования подтвердили возможность использования выбранной архитектуры нейронной сети для решения поставленной задачи.

УДК 13 004.891.2

БАГИРОВ М.Б.

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СНИЖЕНИЯ СТОИМОСТИ КОРЗИНЫ ПОКУПАТЕЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время наметилась тенденция роста доли расходов населения на продукты питания. Одна из причин – продолжающееся сокращение реальных доходов населения и, в связи с этим, первоочередное потребление товаров первой необходимости. Большинство граждан отмечают подорожание продуктов. Индекс роста цен на них за последние полгода составил 10–15%. По прогнозам экспертов, цены продолжают расти. Разрабатываемая система позволит жителям Нижегородской области существенно снизить расходы на продукты питания. Таким образом повысится качество жизни населения Нижегородской области. Кроме того, результаты проекта могут использоваться при выработке политики ценообразования торговыми сетями с учетом конкурентной среды.

Для решения указанных проблем необходимо разработать программное обеспечение интеллектуальной системы, построенное на архитектуре "клиент-сервер". Клиентская часть представляет из себя следующее:

- мобильное приложение, устанавливаемое на мобильное устройство пользователя, имеет следующее функциональное назначение:
 - а) получает информацию о совершенных покупках путем распознавания изображений чека;
 - б) сохраняет в режиме реального времени информацию о геолокации человека;
 - в) осуществляет передачу собранных данных в зашифрованном виде на сервер;
 - г) предлагает список ближайших торговых сетей с наиболее низкими ценами на интересующие пользователя товары, учитывая геолокационные данные;
 - д) предлагает список ближайших торговых сетей с наиболее выгодным стоимостным предложением на интересующую пользователя группу товаров, учитывая геолокационные данные.

Серверная часть включает систему хранения собранных данных и алгоритмы их интеллектуального анализа.

Проект нацелен на то, чтобы жители Нижегородской области могли сравнивать цены на товары в разных магазинах и делать выбор в пользу предложения с наиболее низкой ценой на продукт того же качества. Все предложения сгруппированы по категориям (продукты, промтовары, косметика и товары для детей и т. д.). Если указать системе на список необходимых продуктов и включить использование геолокационных данных, то система предложит наиболее оптимальный список магазинов с наименьшей стоимостью покупки.

Приложение позволит в режиме реального времени найти жителям ближайшие продуктовые магазины и проверить, какие акции в них проходят. Также на основе предыдущих покупок, сразу же после появления новых акций по данным покупкам система уведомит об этом пользователя. Данная система особенно полезна жителям города там, где они живут и работают, и не раз поможет, когда будет нужно купить что-то в незнакомом районе, например, по пути в гости. Система позволит буквально сориентироваться на месте, найти не

только скидку, но и магазин поблизости, выбрать, что лучше: пройти лишних пять минут пешком и получить продукт подешевле или же купить чуть дороже, но буквально за углом. Таким образом люди смогут сэкономить свое время и деньги.

УДК 004.42

ДАНЬКИНА А.А., БАГИРОВ М.Б., АНДРЕЕВА О.В.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ МЕТОДА НА ОСНОВЕ STANFORD CORE NATURAL LANGUAGE PROCESSING ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТЕЙ РЕЧИ В РУССКОМ ЯЗЫКЕ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Библиотека StanfordCoreNaturalLanguageProcessing (CoreNLP) может анализировать тексты на нескольких языках, в число которых русский язык не входит. Для того чтобы данная библиотека могла работать с текстами на русском языке, необходимо создать модель, базирующуюся на базе данных, содержащем набор слов и их существенных характеристик, по которой определяются части речи в русском языке, учитывая его синтаксические и морфологические особенности для конкретной области, это и есть главная проблема.

Для оценки эффективности расширенного корпуса было проведено множество тестов. Корпуса представляют собой файлы, содержащие слова и их аннотации (существенные характеристики, например, часть речи, число, род) [1], а также проведено сравнение с другими системами морфологического анализа.

В качестве анализируемых текстов были взяты статьи: А.В. Павлова «Логика с исключением на алгебре фурье-дуальных операций: нейросетевой механизм редуцирования когнитивного диссонанса» (содержит терминологию, связанную с нейронными сетями) и Бочкова Е.Г. «Модели представления знаний» (содержит терминологию, связанную с моделями представления знаний).

Сначала в качестве тестируемого объекта была взята модель, базирующаяся на UD-RussianTreebank. В первой статье было выявлено 17 предложений (527 слов), в которых POS tagger допустил ошибки. Количество допущенных ошибок: 30 (5,7%). Во второй статье количество ошибок составило 2,3%. Основная их масса была связана с неверным определением тегов (частей речи) терминологии.

Далее после создания дополнительных аннотированных данных для модели, в которых отражены наиболее значимые особенности конкретной узкоспециализированной технической литературы, было проведено тестирование на новой модели. В результате, которого в первой статье была найдена лишь одна ошибка (0,2%), во второй статье количество ошибок составило 0,4%.

В качестве сравнительного анализа, были выбраны такие системы анализа естественного языка как LINGVO-MASTER и Среда из РГТУ.

Система LINGVO-MASTER была разработана специалистами ИПИ РАН. При морфологическом анализе все слова приводятся к начальной форме [2]. Недостатком данной системы является то, что она требует четкого определения возможных слов (терминов), и возможной структуры предложений (для конкретной предметной области), без определения которых система не имеет возможности работать.

Среда из РГТУ, помимо стандартных модулей анализа текста, использует дополнительный модуль поверхностно-синтаксического или сегментационного анализа. Этап сегментационного анализа предшествует этапу синтаксического анализа и заключается в разделении частей предложений на так называемые сегменты. Данные сегменты бывают двух типов: α -сегменты, отвечающие за мелкие части предложений, вроде причастных и деепричастных оборотов, и β -сегменты, отвечающие за части сложноподчиненных и сложносочиненных предложений. Вложенность сегментов, в принципе, не ограничена. К каждому из сег-

ментов применяется внутрисегментный синтаксический анализ, в результате которого строится синтаксический граф сегмента [2]. Недостатком данной системы является то, что при неверном выделении границ сегментов можно получить совершенно непредсказуемые результаты анализа.

Таким образом, удалось повысить эффективность анализа POS tagger текстов узкоспециализированной технической литературы на русском языке. Процент ошибок в анализируемых статьях сократился с 5,7 до 0,2%, с 2,3 до 0,4%.

Библиографический список

1. **Андреева, О.В.** Интеллектуальный анализ данных на базе StanfordCoreNLP для определения частей речи в русском языке / О.В. Андреева [и др.] // Системы и средства информатики. – 2018. – Т.28. – №2. – С. 145–153.
2. **Артемов, М. А.** Обзор систем анализа естественного текста на русском языке / М. А. Артемов, А. Н. Владимиров, К. Е. Селезнев // Вестник ВГУ. Серия: системный анализ и информационные технологии. – 2013. – № 2. Размещено на: <http://www.vestnik.vsu.ru/pdf/analiz/2013/02/2013-02-31.pdf>

УДК 004.855

ДМИТРИЕВ Д.В., АНИКИН А.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ЗАДАЧЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ФИНАНСОВЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Анализ экономических процессов является сложной задачей. Это связано с тем, что на такие процессы, помимо факторов, поддающихся математическому моделированию, влияет и множество других, имеющих слабо прогнозируемый характер (например социальные факторы). Сложность анализа усугубляется еще и тем, что факторы, трудно поддающиеся математическому моделированию, зачастую являются взаимовлияющими. Отсюда следует, что в настоящее время не существует строгих математических подходов к моделированию такого рода процессов.

Таким образом, применение различных математических методов из смежных областей научных исследований, является основным инструментом, применяемым на данный момент для решения такого рода задач.

Целью данного этапа работы является анализ применимости искусственных нейронных сетей для прогнозирования временных рядов, а также разработка теоретической составляющей исследования.

Подход к прогнозированию временных рядов с использованием искусственных нейронных сетей обладает рядом неоспоримых достоинств:

- во-первых, нейросетевой анализ, в отличие от технического, не предполагает никаких ограничений на характер входной информации. Это могут быть как индикаторы данного временного ряда, так и сведения о поведении других рыночных инструментов;
- во-вторых, в отличие от технического анализа, основанного на общих рекомендациях, нейросети способны находить оптимальные для данного инструмента индикаторы и строить по ним оптимальную опять же для данного ряда стратегию предсказания. Более того, эти стратегии могут быть адаптивны, меняясь вместе с рынком, что особенно важно для молодых активно развивающихся рынков.

Нейросетевое моделирование в чистом виде базируется лишь на данных, не привлекая никаких априорных соображений. В этом его достоинство и одновременно – его недостаток. Имеющихся данных может не хватить для обучения, размерность потенциальных входов может оказаться слишком велика.

Поэтому для качественного прогноза необходимо пользоваться, во-первых, качественно подготовленными данными, а во-вторых, нейросетями с повышенной сложностью, способными адекватно моделировать целевые зависимости в реальных задачах.

Более глубокий анализ структуры конкретных рынков и, соответственно, механизмов ценообразования на них также опровергает теорию «эффективного рынка» с той точки зрения, что доходности не подчиняются нормальному распределению. Колебания на рынке не могут рассматриваться как «белый шум», а представляют собой комбинацию случайных сепарабельных процессов и строгих детерминистских концепций [1].

Таким образом, можно сделать вывод, что фондовый рынок необходимо рассматривать как сложную самоорганизующуюся динамическую систему. Вследствие этого, применение подхода к анализу финансовых временных рядов, базирующегося на искусственных нейронных сетях, является обоснованным.

-
1. Головачев, С.С. Использование искусственных нейронных сетей для прогнозирования американского фондового рынка в период кризиса // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. – 2012. – №47.

УДК 004.657

ЖУРАВЛЕВ А.Д., БАГИРОВ М.Б., АНДРЕЕВА О.В.

РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ «SMART-РАСПИСАНИЕ» ДЛЯ НГТУ им. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Одним из главных трендов в образовании сегодня – активное использование информационных технологий. Ведущие вузы в мире и в нашей стране предоставляют открытый доступ к учебным материалам, информации по приемным компаниям и учебному процессу. В неменьшей степени преподаватели, студенты, представители администрации учебного заведения нуждаются в актуальных и достоверных данных по расписанию занятий. Сегодня эти данные должны быть доступны не только на привычных информационных стендах в коридорах вуза, но и на экране смартфона, планшета, домашнего компьютера.

Для решения ранее указанных и других проблем было разработано SMART-расписание, которое позволит расширить возможности обычного расписания и объединить их в едином приложении.

Программное обеспечение SMART-расписание построено на архитектуре "клиент-сервер" и разработано для платформы Android. Клиентская часть представляет из себя следующее:

- мобильное приложение, устанавливаемое на мобильное устройство пользователя, имеет следующее функциональное назначение:
 - 1) регистрация пользователей – поскольку приложение предназначено для студентов и преподавателей, можно выбрать нужного пользователя и заполнить соответствующие поля;
 - 2) информирование студентов и преподавателей об изменениях в расписании в режиме реального времени;
 - 3) просмотр расписания с помощью фильтров (аудитория, день недели, месяц, номер группы и др.);
 - 4) общение пользователей с помощью чата;
 - 5) push-уведомления;
 - 6) поиск незанятых аудиторий с учетом предпочтений преподавателя;
- Серверная часть включает в себя систему хранения собранных данных и алгоритмы их интеллектуального анализа.

Возможны такие ситуации, когда нужная аудитория занята либо отводится под важные мероприятия. В этом случае нужно искать другую аудиторию. Для этого для преподавателей введена кнопка «Поиск аудитории», при нажатии на которую приложение рекомендует незанятые аудитории в том же корпусе, где находится наша занятая аудитория. При выборе аудитории можно узнать всю информацию о наличии того или иного оборудования в ней.

Класс `ChoiceLectureHall.java` реализует отображение списка свободных аудиторий. Рядом с номерами аудиторий отображаются иконки, обозначающие по порядку наличие учебной доски, компьютерного оборудования и проектора. Если значок подсвечен зеленым, это означает, что аудитория имеет данное оборудование. В противном случае значок подсвечивается красным цветом.

Таким образом, было разработано интеллектуальное расписание для студентов и преподавателей НГТУ им. Алексеева. В перспективе предлагается создать приложение под платформу iOS и внедрить в образовательное учреждение НГТУ им. Алексеева.

УДК 629.054

КОРЕЛИН О.Н., НИКИТАЕВ А.С.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ БЛОКА РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ В ПРОЦЕССОРЕ АМ 3358

Нижегородский государственный технический университет им. Р.А. Алексеева

Микропроцессоры давно стали неотъемлемой частью нашей жизни. С их помощью создаются разнообразные системы для решения научно-исследовательских и практических задач. Если время отклика таких систем на воздействия окружающего мира может быть четко определено, то их называют системами реального времени. В работе рассматривались два способа создания систем реального времени с помощью одноплатного компьютера BeagleBoneBlack. Первый способ основан на встроенной в процессор АМ3558 программируемой подсистеме реального времени, а второй предполагает использование прерываний в операционной системе Linux.

Особенностью рассматриваемого процессора АМ3358 является встроенная программируемая подсистема реального времени, состоящая из двух модулей PRU (ProgrammableReal-TimeUnit) [1]. Каждый такой модуль содержит собственный 32-битный процессор, память данных, память команд и может работать независимо от основного процессора с тактовой частотой до 200 МГц.

Проведен анализ различных подходов реализации систем реального времени на платформе BeagleBoneBlack.

В работе была рассмотрена и проанализирована архитектура данной системы и уделено внимание взаимодействию памяти программируемой подсистемы реального времени с памятью основного процессора. Также было опробовано написание программ для PRU на ассемблере и транслирование ее в среде разработки CodeComposerStudio.

При изучении подсистемы PRU были выявлены следующие проблемы:

- память доступная каждому ядру PRU очень мала. При этом работа с основной памятью микропроцессора АМ3358 порождает задержки, которые недопустимы в системе реального времени;
- PRU не имеет своего собственного вектора прерываний в таблице векторов основного процессора;
- для работы высокоскоростных портов PRU нужно отключать выход HDMI. Следовательно, вывод изображения на экран становится невозможным.

Следующим этапом работы была попытка запустить механизм прерываний под управлением ОС Linux. Были изучены следующие стадии обработки прерываний:

- прием запросов прерываний от источников;

- выделение наиболее приоритетного запроса;
- проверка возможности обработки прерывания процессором;
- сохранение состояния прерываемой программы;
- вызов обработчика прерываний;
- выполнение программы обработки прерываний;
- восстановление состояния прерванной программы и продолжение ее выполнения.

Далее был создан обработчик прерываний в операционной системе Linux для считывания информации с 8-битного параллельного интерфейса.

Библиографический список

1. Derek Molloy Exploring BeagleBone Tools and Techniques for Building with Embedded Linux – Indianapolis: John Wiley & Sons, Inc., 2015. – 564 с.
2. **Ключев, А.О.** Аппаратные и программные средства встраиваемых систем: учеб. пособие / А.О. Ключев, П.В. Кустарев, А.Е. Платунов. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2010. – 290 с.

УДК 629.054

КОРЕЛИН О.Н., ФОМИЧЕВ Ю.С.

СИСТЕМА ОТОБРАЖЕНИЯ ВИДЕОПОТОКА ДЛЯ СИСТЕМЫ ADAS НА ОСНОВЕ ОДНОПЛАТНОГО КОМПЬЮТЕРА ПОД УПРАВЛЕНИЕМ ОС СЕМЕЙСТВА LINUX

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Расширенные системы помощи водителю (ADAS) - это системы, разработанные для автоматизации / адаптации / улучшения систем транспортных средств, для обеспечения безопасности и комфорта управления транспортным средством.

Существует множество форм ADAS. Эти системы используют данные из нескольких источников данных, в том числе обработку изображений, и компьютерное зрение.

В данной работе рассматривается проблема вывода изображения с модуля камеры на экран используя одноплатный компьютер под управлением ОС на базе ядра Linux.

Linux или GNU / Linux - это Unix-подобное ядро операционной системы для компьютеров. Существует большое количество программного обеспечения для Linux. Большая часть программного обеспечения для ОС основанных на ядре Linux - бесплатное программное обеспечение.

Camera Serial Interface (CSI) является спецификацией Mobile Industry Processors Interface (MIPI) Alliance. Он определяет интерфейс между камерой и хост-процессором. Последняя спецификация активного интерфейса - CSI-3, выпущена в 2012 году.

CSI-1 был оригинальным стандартным интерфейсом MIPI для камер. Он появился как архитектура для определения интерфейса между камерой и хост-процессором. Его преемниками были MIPI CSI-2 и MIPI CSI-3.

Спецификация MIPI CSI-2 v1.0 была выпущена в 2005 году. В качестве варианта физического уровня используется либо D-PHY, либо C-PHY

MIPI CSI-3 - это высокоскоростной двунаправленный протокол, предназначенный главным образом для передачи изображений и видео между камерами и хостами. Он был первоначально выпущен в 2012 году и переиздан в версии 1.1 в 2014 году.

Чтение данных с модуля камеры в ОС на базе ядра Linux может осуществляться с помощью API Video4Linux2.

Video4Linux2 - это вторая версия API для работы с видео устройствами в Linux, интерфейс ядра для работы с аналоговыми и цифровыми видео устройствами, устройствами видео захвата.

V4L2 - двухслойная система драйверов. Верхний слой - это видео-модуль. Когда видео устройство (/dev/videoX) инициализируется, оно регистрируется как символическое устройство и регистрирует свой набор функций драйвера.

Вывод видеопотока на экран осуществляется с помощью фреймбуфера.

Фреймбуфер – это область видеопамати для кратковременного хранения одного или нескольких видеокадров, а Linuxframebuffer – это метод доступа к фреймбуферу через ядро Linux, не полагаясь на системно-ориентированные библиотеки, такие как SVGA Lib и другое программное обеспечение в пространстве пользователя.

Доступ к устройству осуществляется через специальные узлы устройств, обычно расположенные в каталоге / dev, то есть / dev / fb *.

Устройство буфера кадров является запоминающим, таким как /dev /mem, и имеет те же функции. В него можно записывать и читать из него. Разница только в том, что память, которая содержится в файле, – не вся память, а буфер кадра некоторого видеоустройства.

УДК371.69:004.85

КОРЧАГИНА Е.О.

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО УЧЕБНОГО КОМПЛЕКСА «МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ НЕОПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ»

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

Математические модели неопределенных систем – это довольно молодая наука. Особенно бурно она развивается в последнее время, что связано со всеобщей автоматизацией – характерной чертой научно-технического процесса.

По этой дисциплине мало информации можно найти в книгах и Интернете, поэтому для студентов гораздо лучше сосредоточить всю необходимую информацию в одном источнике.

В настоящее время существенный объем учебных материалов предоставляется обучаемым в электронном виде. Принцип визуализации является одним из обязательных принципов, которому должны следовать разработчики средств обучения. Поэтому целесообразно использовать в обучении студентов электронные пособия, так как демонстрационные возможности таких пособий существенно выше, чем печатных.



Рис. 1. Страница, где представлена первая тема из блока теории

Таким образом, была поставлена задача разработать электронный учебный комплекс «Математические модели неопределенных систем», используя возможности HTML, CSS и JavaScript, и внедрить его в учебный процесс. В основу электронного учебного комплекса был положен курс лекций по дисциплине «Математические модели неопределенных систем» и пособие «Математические модели неопределенных систем» Пакшина П.В. и Емельяновой Ю.П.. Данный электронный учебный комплекс должен включить в себя:

- теорию по курсу «Математические модели неопределенных систем»;
- лабораторные работы по пяти темам;
- тестирующую систему.

Каждая лабораторная работа должна содержать:

- краткую теорию по данному курсу;
- пошаговую инструкцию выполнения заданий лабораторных работ;
- необходимую справочную информацию;
- материалы для проверки правильности выполнения заданий по вариантам;
- образцы оформления работ.

Данный электронный учебный комплекс обеспечит студентов методическими материалами и поможет освоить курс «Математические модели неопределенных систем» (рис. 1).

УДК 004.93'12

ЛЕМЕШЕВСКИЙ М.А., СЕКАЧКИН М.В., ДМИТРИЕВ Д.В.

РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ СИСТЕМЫ БИОМЕТРИЧЕСКОЙ ВЕРИФИКАЦИИ

Нижегородский государственный университет им. Р.Е.Алексеева

Авторы принимают участие в разработке комплексной системы по биометрической верификации. Система состоит из следующих компонент:

- GUI-приложение;
- обработчик фотографий;
- классификатор;
- база данных.

Работа последней компоненты и средства реализации системы целиком будут рассмотрены ниже.

Была поставлена задача хранения необходимых для работы системы верификации. Изначально были предложены для использования следующие базы данных:

- PostgreSQL;
- MySQL;
- Clickhouse.

Основным критерием выбора базы стала скорость работы операций записи и извлечения данных. Протестировав предложенные варианты выбор пал на базу данных от компании Yandex - Clickhouse. Несмотря на некоторые недостатки в виде ограниченного функционала, Clickhouse показала себя быстрее остальных кандидатов по основному критерию.

Поскольку идущие в комплекте с базой данных средства шифрования показали себя наилучшим образом с точки зрения скорости, а стандартные средства шифрования языка были лучше не намного, необходимо было найти решение, которое улучшило бы производительность работы с базой. Единственный существующий такой вариант - библиотека примитивов IPP Crypto, однако, поскольку она не имеет API для языка Java, было решено реализовать подобный, но ограниченный функционал самим.

В результате данного решения была разработана библиотека, предоставляющая внешний API для языка Java алгоритма блочного шифрования AES-128 [1]. Оптимизация была выполнена при помощи расширенного набора инструкций процессора AES.

В качестве архитектуры системы была выбрана микросервисная [2] архитектура. Для реализации подобного было принято решение воспользоваться услугами программного обеспечения Docker. Docker представляет собой некую виртуальную операционную систему с минимальным установленным количеством зависимостей необходимых только для работы запущенного на нем процесса, т.е. в нашем случае одного микросервиса. Подобный подход

позволяет нам запускать по несколько образов каждого из них для обеспечения непрерывной работы в случае отказа одного из них.

Кроме того, использование данной технологии позволяет удобно разворачивать приложение на любом персональном компьютере или сервере, без дополнительных усилий со стороны разработчиков или обслуживающих систему работников.

Перечисленные подходы позволяют максимально оптимизировать работу системы на всех уровнях абстракции.

Библиографический список:

1. **Даернен, Д.** The Design of Rijndael: AES - The Advanced Encryption Standard / Д. Даернен, В. Рейрнен // Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2002.
2. **Ираклий Надареишвили, Ронни Митра, Мэтт Мак Лартии Майк Амундсен** «Microservice Architecture: Aligning Principles, Practices, and Culture» // O'Reilly Media, 2004.

УДК 004.853

ЛЕОНОВ А.Д., БАГИРОВ М.Б., АНДРЕЕВА О.В.

РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО СБОРА И АНАЛИЗА ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ДАННЫХ ИЗ СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ «ОДНОКЛАССНИКИ»

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время все больше и больше набирает популярность электронная коммерция, интернет-магазины в частности. Неотъемлемой частью интернет-магазина является система рекомендации наиболее подходящих товаров и услуг. Использование такого функционала дает прирост прибыли порядка 30-40%. Рекомендательные системы используются не только в коммерции. Немаловажную роль система играет в таргетированной рекламе, социальных сетях. Таким образом, рекомендательные системы являются востребованными, а их разработка – актуальной задачей исследования.

Для решения выше перечисленных задач мы решили разработать рекомендательную систему «SMART-одноклассники». Данная система представляет из себя программное обеспечение, точно нацеленное на анкетные данные пользователей: пол, возраст, географию, интересы, автоматически формирует на основе анализа информации со страниц пользователей соответствующий поисковый запрос.

«SMART-одноклассники» основывается на четырех блоках:

1. Сбор данных о пользователе и о его друзьях основывается на функциях API одноклассники и реализуется с помощью GET-запросов. Так как существует множество методов, возвращающих определенную информацию из одноклассников, в запросах указывается метод, информацию о котором необходимо получить, публичный ключ приложения и устанавливаю возвращаемый формат данных в виде JSON объектов. После чего собранные данные обрабатываются и записываются в базу данных.

2. Анализ интересов друзей пользователя: из базы данных считываются все интересы друзей и записываются в соответствующий файл. Повторяющиеся интересы игнорируются, так как они уже записаны. Далее для каждого пользователя строится бинарный вектор интересов, где 0 – данный интерес не указан пользователем, 1 – данный интерес указан пользователем. В итоге получается готовый файл с векторным представлением интересов.

3. Создание рекомендательной системы строится на основе полученного файла. Сначала определяется коэффициент сходства интересов пользователя с интересами его друзей. Далее выделяем по этому коэффициенту 10 страниц с наиболее высоким коэффициентом. Исходя из этих страниц, ищем интерес, который указан у наибольшего числа друзей и не указан пользователем, и предлагаем его.

4. WEB регистрация в приложении и просмотр рекомендаций. Так как система сделана с применением web-сервера, то использовать ее можно прямо из браузера, либо перейдя по ссылке сервера либо используя плагин для браузера.

Разработанная интеллектуальная система, построенная на алгоритмах анализа больших объемов данных, обладает хорошей адаптивной способностью для расширения функционала на другие сферы деятельности, например, решение задач в банковском секторе (сегментация клиентов, прогнозирование изменений клиентуры), страховании (анализ финансового риска), телекоммуникациях (выявление лояльности клиентов).

УДК 004.932.72'1

ЛОМАЙКИН А.В., МАРТЫНЮК М.В.

ПОИСК И РАСПОЗНАВАНИЕ НА ИЗОБРАЖЕНИИ ПРОИЗВОЛЬНО РАСПОЛОЖЕННЫХ ШТРИХ-КОДОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время технология штрихового кодирования является незаменимой для автоматизированного сбора и обработки информации во многих сферах деятельности человека. Недостаток большинства методов распознавания кодов состоит в их ограничениях: вертикальная ось камеры должна быть параллельна полоскам кода, и код должен занимать как можно большее пространство при захвате изображения. Поэтому задача распознавания штрих-кодов независимо от их расположения и числа на изображении актуальна и в настоящее время. В работе рассматриваются стандарты UPC-A и EAN-13.

Распознавание штрих кода подразделяется на несколько этапов:

- 1) локализация (или сегментация) кода на изображении;
- 2) нахождение линии, проходящей через все штрихи;
- 3) распознавание кода на сегментированном изображении.

Для этапа сегментации используется алгоритм, основанный на том, что штриховой код на изображении представляет собой область с высоким значением градиента. Следовательно, вычислив его модуль, можно найти интересующую область. После вычисления градиента применяется усредняющий фильтр и производится бинаризация.

На втором этапе применяется преобразование Хафа и находятся все отрезки прямых на полученном изображении. Зная ориентацию кода, т.е. угол между его большей осью и горизонтальной осью изображения, находим вторую точку необходимой прямой как среднее значений концов отрезков. Полученная прямая (далее линия сканирования) в большинстве случаев при корректной сегментации будет проходить через все штрихи.

Самым сложной и затратной частью является распознавание кода. Данный этап можно подразделить на две части: установление точных границ штрих кода, распознавание его цифр. Идея нахождения более точных границ кода заключается в том, что мы задаем некий шаблон, которому соответствует любой штриховой код. Он представляет собой ступенчатую кусочно-постоянную функцию, где -1 соответствует черному цвету, +1 – белому, 0 – значение неизвестно. Эта функция определена на всем промежутке $x=[0;95]$, где 95 – полная длина кода в единичных штрихах. Для нахождения граничных точек кода необходимо сдвигать и масштабировать с линейными и показательными коэффициентами функцию интенсивности, вычисленную вдоль линии сканирования, так чтобы она наилучшим образом совпала с данным шаблоном. Задача сводится к максимизации скалярного произведения двух данных функций.

$$res(shift, linearScale, powerScale) \rightarrow \max . \quad (1)$$

Распознавание цифр производится похожим образом. Каждый цифровой сегмент распознается отдельно, путем максимизации исходного шаблона с добавленным к нему пред-

ставлением цифры от 0 до 9 и функции интенсивности в двух возможных направлениях считывания. Затем из свойств кода взаимно однозначно выбирается правильное направление.

Разработанный в результате алгоритм справляется с поставленной задачей, однако имеет недостатки в методе сегментации и скорости работы.

УДК 681.5.011

ПИМАНКИНА Е.С.

МЕТОД АТОМНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ В ОДНОМЕРНЫХ ЗАДАЧАХ

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

Большинство задач синтеза линейных систем, описывающих различные объекты управления, можно сформулировать как задачи оптимизации полиномиальных матричных неравенств (ПМН). Работа с такими системами трудно вычислительна, поэтому был найден подход, называемый ЛМН-релаксацией, который позволяет сделать задачу выпуклой и найти эквивалентные формулировки в терминах систем линейных матричных неравенств (ЛМН).

В основе метода ЛМН-релаксаций лежит теория разложения полиномов в сумму квадратов и двойственная ей теория моментов. С их помощью для задач ПМН строится иерархия ЛМН-релаксаций в пространстве моментов переменных. Каждому последующему элементу иерархии сообщается более высокая размерность, и при этом обеспечивается более точная оценка величины экстремума.

На практике метод сходится к глобальному экстремуму за конечное число итераций. Каждая из этих итераций состоит в построении и решении ЛМН-релаксаций определенного порядка с процедурой извлечения глобальных экстремумов из ее решения. Метод ЛМН-релаксаций преодолевает недостатки локальных и глобальных методов. С одной стороны, он является глобальным, решает задачи ПМН и может находить сразу несколько различных глобальных оптимумов без какой-либо комбинаторной стратегии ветвления или перебора. С другой стороны, метод проводит основную массу вычислений с системами ЛМН определенного вида, поэтому может использовать эффективные реализации известных алгоритмов.

Наряду с достоинствами, метод ЛМН-релаксаций имеет существенные недостатки: подверженность комбинаторному взрыву и ухудшение точности решения при увеличении порядка моментов и степеней полиномов. Поэтому был предложен метод трансформации ЛМН-релаксаций [1], который выходит из используемого в ЛМН-релаксациях пространства моментов неизвестных обратно в используемое в ПМН исходное пространство поиска с некоторыми дополнениями. Именно этот переход позволяет устранить указанные недостатки ЛМН-релаксаций, находя при этом и локальные, и глобальные экстремумы в задачах с невыпуклыми или несвязными областями поиска.

Задачи ПМН являются полиномиально-сложными, что не позволяет создать в общем случае алгоритм нахождения глобального минимума. При рассмотрении практических задач, можно увидеть, что рельеф целевой функции и конфигурация области поиска могут оказаться относительно несложными.

Метод ЛМН-релаксаций лишен возможности воспользоваться этой спецификой, а предлагаемый метод трансформации, напротив, имеет достаточную гибкость. Изменяя количество используемых в процедуре поиска атомов, он способен балансировать между объемом вычислений и результатами, которые характерны для локального поиска и для полноценного эквивалента исходных ЛМН-релаксаций.

Метод трансформации может одновременно исследовать сразу несколько локальных экстремумов (минимумов) в окрестности начального положения атомов, а также находить минимумы, находящиеся в других компонентах связности. Он не вычисляет моменты, тем самым, обходя ограничения, которые связывали порядки полиномов с размером неравенств и с числом неизвестных в ЛМН. Это существенно ускоряет процесс поиска решения.

В докладе представлены примеры, иллюстрирующие применение метода атомной оптимизации.

1. **Поздяев, В.В.** Атомная оптимизация, часть 1: трансформация пространства поиска и одномерные задачи // УБС, 36 (2012), 39–80; Autom. RemoteControl, 2013.

УДК 004.8

СЕКАЧЕВ Б.С., ГОЛОВИНСКАЯ А.А.

БИОМЕТРИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ НА ОСНОВЕ ОСТАТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Биометрическая идентификация, т.е. определение соответствия между изображением лица и конкретным пользователем, является достаточно актуальной в настоящее время проблемой. Причиной тому служит большое количество существующих прикладных задач в этой области. В докладе мы рассмотрели современный подход биометрической идентификации, который основывается на применении глубоких остаточных нейронных сетей.

В нейросетевом машинном обучении качество классификации обычно напрямую зависит от архитектуры применяемой нейронной сети. В частности, от количества скрытых слоев в ней. Более глубокие сети, как правило, показывают лучшие результаты. Однако до появления остаточной архитектуры оказалось невозможным использовать слишком глубокие сети, поскольку оптимизаторы весов не справлялись со своей работой, в результате чего сети показывали худшие результаты, т.е. деградировали. Сейчас эта проблема решена, а остаточная архитектура укоренилась как одно из ключевых достижений в машинном обучении.

В задачах распознавания лиц эффективным оказался метод встраивания, когда нейронная сеть используется не для конечной классификации входного изображения, а для отображения его в евклидово пространство, в вектор вещественных чисел. Этот вектор имеет две особенности. Для двух изображений лиц разных людей в одних условиях освещения и позы расстояние между соответствующими векторами будет велико. А для двух изображений лиц одного человека в разных условиях освещения и позы, напротив, невелико. Эти особенности позволяют произвести тривиальную идентификацию - необходимо посчитать дистанцию по простой формуле и, основываясь на некотором пороге, принять решение. В свою очередь это позволяет не проводить обучение или дообучение нейронной сети при каждом добавлении пользователя в систему, и сама архитектура прикладных решений становится проще.

В работе мы совместно использовали остаточную архитектуру и метод встраивания. Для определения качества мы использовали три набора данных. На первом публичном наборе данных мы получили суммарный коэффициент ложного допуска и недопуска менее, чем 1% (LabeledFacesintheWild). На втором наборе, много более разнообразном, суммарная ошибка составила 5% (VGGFace 2). Третий набор, собранный на кафедре, показал суммарную ошибку 4%. С учетом не самого богатого набора данных при обучении, эти результаты являются очень неплохими.

В конечном счете, использование метода встраивания гарантирует простоту реализации прикладных решений, а использование современных остаточных архитектур и достаточных наборов данных при обучении - приемлемое качество идентификации. В перспективе стоит опробовать и более современные мета архитектуры нейронных сетей (InceptionResnet или Squeeze-and-Excitation), а также другие достижения. В том числе, совместно методы предварительных обработок изображений, которые хорошо себя зарекомендовали в подобных или смежных задачах.

ПОДБОР NP-ТРУДНОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЕЕ В РОЛИ ТЕСТОВОЙ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭВРИСТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ ОПТИМИЗАЦИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В последние десятилетия вместе с ростом сложности и размерности решаемых прикладных задач активное применение находят эвристические алгоритмы, однако, универсального метода, показывающего лучшие результаты для большинства классов задач, не выявлено.

Целью работы является выбор тестовой задачи для эмпирического исследования эффективности работы эвристических алгоритмов. На основе этого исследования будут выявлены наиболее выгодные области применения рассматриваемых эвристических алгоритмов.

Для тестирования того или иного алгоритма требуется определить задачу, способную покрыть как можно больше качественных параметров оценки алгоритма, на основе которых можно осуществлять сравнение эффективности алгоритмов. Чтобы сделать выводы о наиболее выгодной области применения алгоритма необходимо провести исследования для задач оптимизации широкого диапазона. В то же время, требуется и минимизация тестов, с целью экономии требуемых ресурсов.

Для тестирования алгоритма требуется задача, имеющая высокое прикладное значение и достаточно сложная для эмуляции реального применения. Анализ и решение задач оптимального размещения объектов являются одним из интенсивно развивающихся направлений, поэтому тестовой выбрана задача из класса NP-полных задач – задача Вебера, которую при разных постановках можно рассматривать, и как задачу непрерывной структуры, и как дискретной, а целевую функцию искусственно приводить к линейному или нелинейному виду. Таким образом можно заменить целый набор различных тестовых задач.

В задаче Вебера требуется найти оптимальное размещение вершин графа в конечном множестве позиций с целью минимизации или максимизации некоторого критерия [1]. В роли тестовой задачи будет использоваться задача Вебера типа Multifacility Weberproblem, так как она имеет широкое практическое применение и более сложный вид целевой функции.

Приведем постановку данной задачи [1]. Дана плоскость $L = \{x : x \in R^2\}$. Пусть $J = \{1, \dots, m\}$ – множество номеров фиксированных объектов на плоскости L (клиенты); $V = \{1, \dots, n\}$ – множество номеров объектов, которые необходимо разместить на той же плоскости L (предприятия). Координаты фиксированного объекта с номером j обозначим $A_j = (a_j, b_j)$, $A_j \in L$; координаты размещаемого объекта с номером i обозначим $X_i = (x_i, y_i)$, $X_i \in L$. Удельные стоимости связей между j -м фиксированным и i -м размещаемым объектами $-u_{ij}$; w_{ik} – удельные стоимости связей между размещаемыми объектами с номерами i и k , при этом считаем, что $w_{ik} = w_{ki}$, $k \neq i$. Пусть $d(X_i, A_j)$ – расстояние между j -м фиксированным и i -м размещаемым объектами, а $g(X_i, X_k)$ – расстояние между i -м и k -м размещаемыми объектами. Требуется разместить предприятия так, чтобы суммарная стоимость связей между всеми объектами была минимальной:

$$\sum_{i \in V} \sum_{k \in V} w_{ik} g(X_i, X_k) + \sum_{i \in V} \sum_{j \in J} u_{ij} d(X_i, A_j) \rightarrow \min_x.$$

В дальнейшей работе предполагается решение задачи Вебера генетическим алгоритмом, алгоритмом роя частиц и алгоритмом гравитационного поиска.

-
1. **Шангин, Р.Э.** Разработка и анализ алгоритмов решения задачи размещения графа: дис. ... канд. физ.-мат. наук: 05.03.17 / Шангин Роман Эдуардович. Южно-Уральский государственный университет. - Челябинск, 2015. – 116 с.

АППРОКСИМАЦИЯ ОБЪЕКТОВ РАЗЛИЧНОЙ ФОРМЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ ДВУМЕРНОЙ УПАКОВКИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Задача упаковки связана с проблемой экономии ресурсов, и в различных ее вариантах встречается во многих реальных производственных условиях. Ввиду разнообразия задач упаковки и их классификаций, а также зачастую невозможности получения точного решения, не существует конкретной методики их решения. Это порождает комплекс задач, включающий в себя описание объектов упаковки, наложение ограничений на заданные объекты, выбор способа укладки данных объектов, и, наконец, создание средств автоматизации, позволяющих построить план размещения объектов, который повысит эффективность использования ресурсов и сократит временные издержки.

Целью данного этапа работы является разработка алгоритмов аппроксимации выбранных для упаковки объектов различной формы прямоугольниками. В работе рассматриваются объекты, имеющие форму круга, треугольника или параллелограмма. Аппроксимация позволит избежать сложных математических вычислений и тем самым упростить упаковку объектов, а также создать единый подход к упаковке объектов без учета их формы.

При аппроксимации объектов необходимо минимизировать площади остатков, получаемых в результате их применения. Методы аппроксимации кругов и параллелограммов однозначны, их результаты могут быть получены простыми математическими выражениями.

Особый интерес представляет аппроксимация треугольников. Аппроксимация одного треугольника ведет к неоправданным расходам, площадь которых оказывается равной площади самого треугольника. Ввиду этого был разработан метод аппроксимации двух треугольников вместе одним прямоугольником. Такой подход позволяет минимизировать площадь остатков, возникающих в результате аппроксимации, в сравнении с предыдущим подходом.

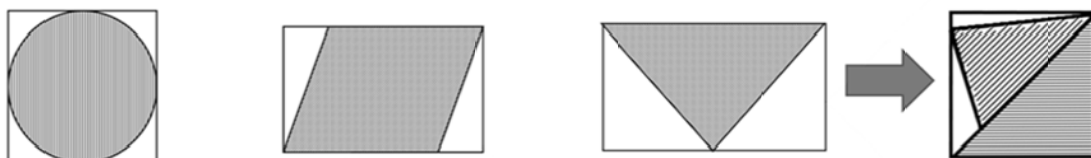


Рис. 1. Подходы к аппроксимации объектов упаковки

Результаты аппроксимации заданных объектов прямоугольниками представлены на рис. 1, их анализ позволяет сделать следующие практические выводы:

1. В результате аппроксимации круга, площадь остатков составляет 0,273 от площади самого круга.

2. Площадь остатков, получаемая в результате аппроксимации параллелограмма, зависит от параметров параллелограмма и составляет $\frac{l_1 \cdot l_2 \cdot \sin \alpha}{2}$ от его площади, где l_1 - длина первой стороны, l_2 - длина второй стороны, α - угол между сторонами l_1 и l_2 . Таким образом, для минимизации остатков аппроксимации в качестве стороны l_1 необходимо принимать большую из сторон.

3. Отношение площади остатков, получаемой в результате аппроксимации двух треугольников к сумме площадей самих треугольников определить однозначно невозможно. По практическим результатам можно лишь сделать вывод о том, что к минимизации площади остатков ведет подбор близких по размеру треугольников.

ВЛИЯНИЕ ВЯЗКОГО ТРЕНИЯ НА ЛИНЕЙНУЮ СТАБИЛИЗАЦИЮ ПЕРЕВЕРНУТОГО МАЯТНИКА

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

Рассматривается система, состоящая из маятника Капицы, точка подвеса которого находится на тележке и обладает возможностью совершать колебания вдоль вертикальной оси. Сама тележка имеет способность перемещаться в горизонтальном направлении. В системе установлены датчики, позволяющие определять следующие величины: угол отклонения маятника от вертикали, его угловую скорость, координату тележки, скорость поступательного движения тележки.

Задача состоит в стабилизации маятника в верхнем вертикальном положении. Если все датчики исправно передают свои показания, управление движением маятника осуществляется при помощи зависящей от времени горизонтальной силы, приложенной к тележке. В случае отказа хотя бы одного из датчиков управление маятником передается устройству, заставляющему ось маятника совершать вертикальные колебания.

В линейном приближении в окрестности точки $\varphi=0$ уравнения динамики рассматриваемой системы записываются следующим образом:

$$\ddot{\varphi} - \frac{g}{l'}\varphi + \frac{\dot{x}}{l'} = 0, \ddot{x} + \frac{m}{M+m}l\ddot{\varphi} + \frac{b}{M+m}\dot{x} = \frac{F}{M+m},$$

где φ – угол отклонения маятника от вертикали; x – горизонтальная координата центра масс тележки; l – расстояние от центра тяжести маятника до оси вращения; g – ускорение свободного падения; m и M – масса маятника и масса тележки соответственно; b – коэффициент вязкого трения при движении тележки; $F = F(t)$ – внешняя сила, приложенная к тележке («входная переменная» системы); $l' = l\left(1 + \frac{J}{ml^2}\right)$, J – момент инерции маятника относительно центра тяжести.

Введением обозначений $x_1 = \varphi, x_2 = \dot{\varphi}, x_3 = x, x_4 = \dot{x}$ уравнения движения системы можно представить в виде системы четырех уравнений первого порядка и записать в матричном виде: $\dot{X} = AX + Bu$, где $X = \text{col}[x_1, x_2, x_3, x_4]$ – столбец состояния системы, $u = F$ – переменная управления.

Рассматривается линейное управление $u = F = k_1x_1 + k_2x_2 + k_3x_3 + k_4x_4 \equiv KX$, в котором k_1, k_2, k_3, k_4 – некоторые коэффициенты. Матричное уравнение движения системы принимает вид $\dot{X} = (A + BK)X$; матрица $A + BK$ постоянна. Необходимым и достаточным условием асимптотической устойчивости системы в окрестности точки покоя $\varphi = 0, x = 0$ является условие отрицательности действительных частей собственных значений матрицы $A + BK$.

Исследование уравнений движения проводилось в отсутствие вязкого трения, то есть при $b = 0$, а также при различных ненулевых значениях коэффициента b . Расчеты, проведенные в среде Matlab с использованием пакета YALMIP на основе техники линейных матричных неравенств, показали, что подбором коэффициентов k_1, k_2, k_3, k_4 условие асимптотической устойчивости рассматриваемой системы может быть выполнено как в случае $b = 0$, так и при $b \neq 0$. Подбираемые параметры расчетов оставались неизменными во всех случаях. Исследовалась зависимость коэффициентов k_1, k_2, k_3, k_4 от параметра b . Оказалось, что при увеличении параметра b от значения $b = 0$ коэффициенты k_1, k_2, k_3 изменяются незначительно. Коэффициент k_4 изменялся: величина его уменьшалась; скорость изменения k_4 пропорциональна скорости изменения параметра b . В докладе представлены результаты расчетов в программной среде Matlab.

**НЕЙРОСЕТЕВЫЕ АЛГОРИТМЫ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ АНАЛИЗА
БИМЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Развитие технологий компьютерного зрения и машинного обучения предоставляет широкие возможности в области автоматизированной обработки и анализа биомедицинских изображений. В данной работе рассмотрены аспекты распознавания объектов интереса на биомедицинских изображениях с применением сверточных нейронных сетей. Выбор данного инструмента связан с его высокой точностью, гибкостью и мощностью при решении задач распознавания образов.

В рамках исследования проведено несколько экспериментов с целью оценки эффективности применения различных нейросетевых архитектур и методик. Предварительно выполнена обработка входных данных, включающая в себя снижение уровня шума и преобразование изображений из цветных в полутоновые. Затем подготовлена обучающая выборка, состоящая из фрагментов изображений искомым объектов и фрагментов фона. Поскольку фрагментов первого класса в базе данных достаточно мало, были сгенерированы дополнительные фрагменты путем вращения, отражения, размывтия и перемещения существующих.

На этапе разработки и обучения архитектуры нейронной сети были апробированы два подхода: выполнена разработка сверточной нейронной сети со случайной инициализацией весовых коэффициентов и использована методика TransferLearning.

Методика TransferLearning предполагает предварительное обучение сети на большом наборе данных, с последующим использованием полученных весовых коэффициентов в качестве начальных значений при решении конкретной задачи. В процессе реализации первого подхода была разработана сверточная нейронная сеть, состоящая из пяти сверточных слоев, трех слоев субдискретизации и одного выходного слоя. При реализации второго подхода была использована архитектура Inception V3, для адаптации которой было выполнено изменение верхней части модели и проведена тонкая настройка нижнего сверточного слоя.

Необходимо отметить, что нейронная сеть использовалась только для распознавания объектов интереса. Для решения задачи поиска объектов на изображении было использовано скользящее окно. Причем для обнаружения объектов разных размеров поиск осуществлялся и на исходном изображении и на его уменьшенных копиях. Затем результаты были обработаны и множественные отклики удалены.

Оба подхода были протестированы на множестве 500 изображений. После первой попытки обучения для архитектуры со случайными значениями весовых коэффициентов был получен показатель точности равный 63,2%, для архитектуры Inception V3 – 65,7%. Затем, с целью повышения эффективности системы, обучающая выборка была дополнена сложными примерами (примерами, на которых были получены ложные срабатывания сети). Кроме того, было увеличено количество фрагментов фона в тренировочном наборе, так как на изображении фон занимает значительно большую площадь, чем объекты интереса. После повторного обучения была достигнута точность распознавания равная 84% для сети со случайной инициализацией весов и 82% для архитектуры Inception V3.

Достигнутые показатели позволяют сделать вывод о возможности применения искусственных нейронных сетей для анализа биомедицинских изображений. Дальнейшее увеличение показателя точности системы планируется за счет расширения анализируемой базы данных и учета особенностей формирования изображений.

РАЗРАБОТКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ STANFORD CORE NATURAL LANGUAGE PROCESSING С РУССКИМ ЯЗЫКОМ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

StanfordCoreNaturalLanguageProcessing (CoreNLP) предоставляет набор инструментов анализа языка, используемого для общения людей и не созданного целенаправленно. Основной целью StanfordCoreNLP является легкое применение множества инструментов лингвистического анализа к фрагменту текста. В рамках исследования разрабатывается модуль оптимизации работы StanfordCoreNLP, путем осуществления обучения отдельного компонента StanfordCoreNLP, а именно, POS tagger русскому языку, и повышения эффективности при работе с узкоспециализированной технической литературой.

Для обеспечения эффективного определения частей речи в русском языке для текстов узкой тематики, необходимо было выбрать корпус, на котором будет базироваться анализ русского языка. В связи с этим для реализации на русском языке использован корпус UD-Russian. Он содержит 1 357 119 морфологически и синтаксически аннотированных предложений [1].

В результате выполнения тренировки в каталоге CoreNLP-master создана бинарная модель, при помощи которой возможно определение частей речи. Следующим шагом стало тестирование созданной модели.

Результаты тестирования выявили, что есть много неточностей в определении частей речи. Дальнейший анализ ситуации показал, что ошибки совершаются из-за неверной обработки пунктуации. Для устранения данной неточности был создан файл Russian.properties. Его содержимое описано далее:

- `annotators = tokenize, ssplit, pos;`
- `pos.model = russian-pos-tagger-model.`

Принцип данных изменений состоит в том, что бинарная модель отправляется сначала в Tokenizer, который определяет: является этот объект словом или знаком препинания. Для испанской и французской версии используются свои, специальные Tokenizer, для русской версии подходит общий (разработанный для английского языка).

Чтобы улучшить определение частей речи для текстов узкоспециализированной технической литературы для анализа были взяты тексты о нейронных сетях. Данная предметная область была выбрана вследствие того, что содержит обширное количество узкоспециализированных понятий. При определении частей речи данных понятий система допускала ошибки, так как аналогов данных понятий не было в наборе уже разработанного словаря. Термины из данных статей были добавлены в Treebank (банк данных, содержащий аннотированные данные из русского языка), таким образом, существующий словарь CoreNLP был расширен. Это позволило уменьшить количество ошибок при определении частей речи в текстах, содержащих терминологию нейронных сетей.

Таким образом, результатом проведенных исследований лингвистического анализа текстов с использованием программных средств является создание модели, позволяющей обрабатывать тексты на русском языке.

Модель отражает современные тенденции взаимосвязи в языковой среде и позволяет эффективнее работать с текстами, раскрывающими наиболее значимые особенности конкретной узкоспециализированной технической литературы.

-
1. **Багиров, М.Б.** Использование StanfordCoreNaturalLanguageProcessing для определения частей речи в русском языке / М.Б. Багиров, О.В. Андреева // 13-я Международная молодежная научно-техническая конференция «Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций, РТ – 2017» Сборник тезисов докладов 20-24 ноября 2017 г. – Севастополь. 2017.

УДК 621.3

ЕРМОЛАЕВ А.И.

РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЕМОГО МАГНИТОЭЛАСТИЧНОГО ДЕМПФЕРА ШИРОКОПОЛОСНЫХ ВИБРОВОЗМУЩЕНИЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Современные металлорежущие станки развиваются в направлении увеличения мощности, быстроходности и точности, а также минимизации массы. При перемещении и выполнении формообразующих операций элементы конструкции и механизмы станков подвергаются высоким механическим нагрузкам, приводящим к возникновению вибраций и шума. Вибрации в металлорежущих станках приводят к уменьшению точности выполнения технологических операций, снижению ресурса элементов станка (подшипников, крепежа, инструмента), а также к увеличению энергетических потерь.

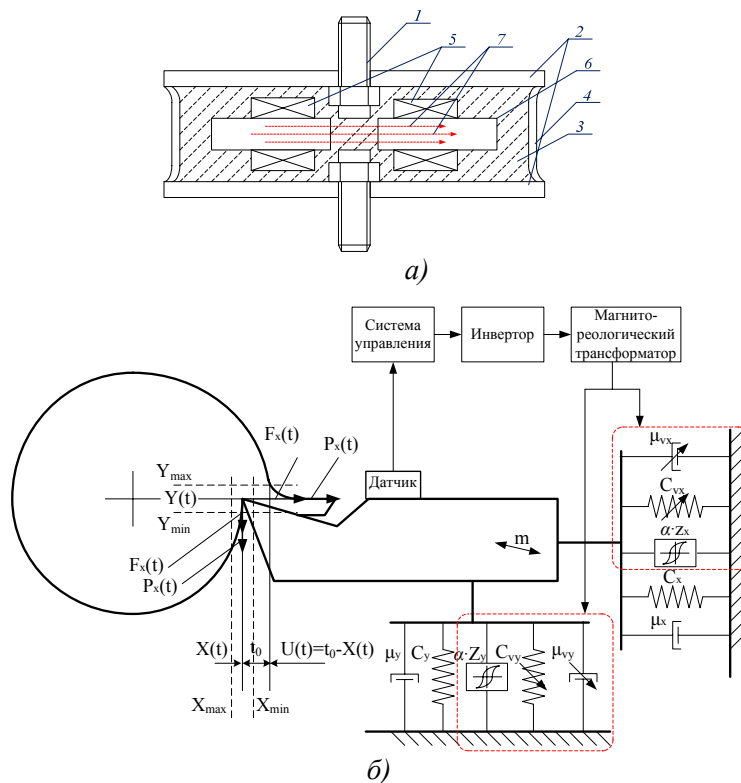


Рис. 1. Структура и принцип работы управляемого магнитоэластичного демпфера
a – конструкция магнитоэластичного демпфера; *б* – динамическая система резания точением

Актуальной остается задача устранения автоколебаний, возникающих в зоне резания. Сложность заключается в обеспечении высокой жесткости динамической системы, включающей средства виброзащиты.

На рис. 1, а представлена конструкция простейшего управляемого магнитоэластичного демпфера, а на рис. 1, б – способ его установки. Высокое содержание магнитных частиц в эластомере обеспечивает высокий коэффициент жесткости вне поля, который может быть увеличен в три-десять раз [1].

Известны гидроопоры, используемые в качестве амортизаторов, подушек двигателей, где демпфирование производится за счет вязкостного трения протекающей жидкости. Эти опоры работают только при большой амплитуде колебаний. В станках предлагается использование управляемого магнитоэластичного демпфера в качестве виброзащитного устройства для металлорежущих станков. Для требуемых режимов виброзащиты будут разработаны система управления магнитореологическим трансформатором и алгоритм эффективного управления им. Данное устройство может быть применено также в энергетическом, транспортном машиностроении и в других механических системах, где необходимо гасить вибрации малой амплитуды.

1. **Алексеев, А.Г.** Магнитные эластомеры / А.Г. Алексеев, А.Е. Корнев. – М.: Химия, 1987. – 240 с.

УДК 621.86/.87

КУРИЦЫН А.С., ТИТОВ Д.Ю.

РАЗРАБОТКА ПЯТИОСЕВОГО РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Появление механических манипуляторов и систем программирования привело к созданию манипуляторов с программным управлением, предназначенных для выполнения различных рабочих функций.

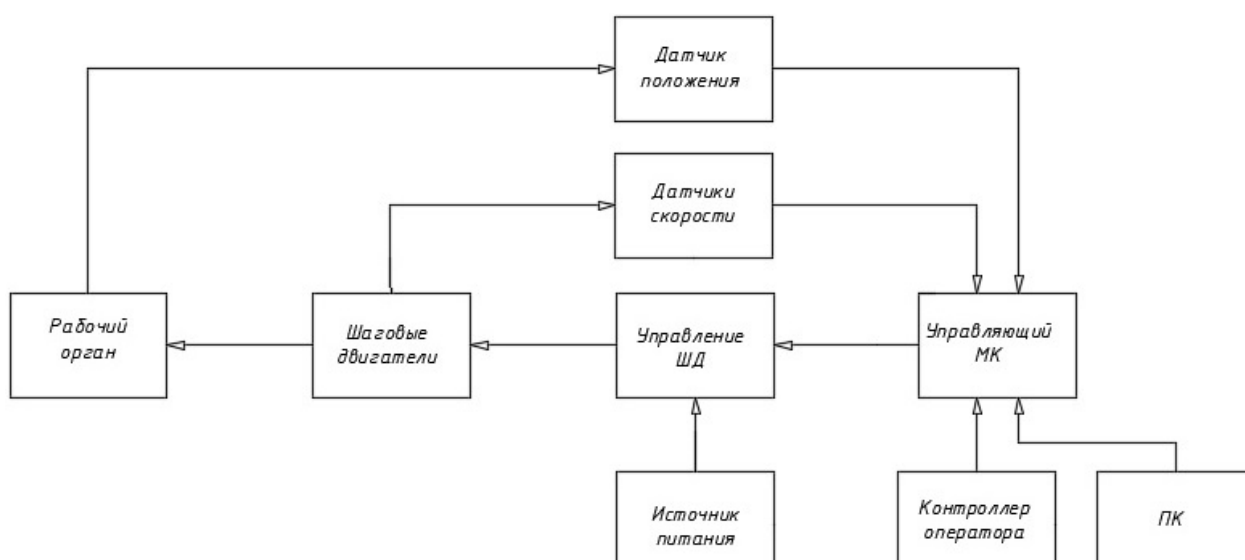


Рис. 1. Структурная схема робота-манипулятора

Хотя применение роботов в промышленности началось сравнительно недавно, сейчас практически ни одно крупное промышленное предприятие не обходится без автоматизации производственных процессов. За последние три десятилетия робототехника внедрилась в но-

вые сферы человеческой деятельности: малогабаритные манипуляторы, промышленные роботы и робототехнические комплексы находят своё применение в медицине, логистике, различных малых предприятиях, сферах услуг, пищевой промышленности [1]. Большинство этих роботов узкоспециализированы и находят своё применение только в одной сфере деятельности.

На кафедре ИНЭЛ ведётся разработка пятиосевого робота манипулятора, с возможностью установки на него сменных модулей (установка манипулятора на подвижную платформу, сменные насадки с рабочими инструментами). Предполагается, что робот найдёт основное применение в малом и индивидуальном предпринимательствах, на удалённых от населённых пунктов автономных объектах (например, арктических исследовательских станциях).

Структурная схема робота манипулятора показана на рис. 1.

-
1. **Князев, В.** Роботы в промышленности – их типы и разновидности [Электронный ресурс] // GeekTimes: [сайт].[2018]. URL:<https://geektimes.com/company/top3dshop/blog/288314>

УДК 621.337.41

СЛУЗЛОВ А.П., БЕРДНИКОВ И.Е., КЕЧКИН А.О., БАГРЕЦОВ И.В.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ГОНОЧНОЙ ЛОДКИ ДЛЯ «СОЛНЕЧНОЙ РЕГАТЫ»

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В течение последних лет растет популярность изучения и применения альтернативных источников энергии, таких как ветер и солнце. Главным их достоинством является экологическая чистота и низкая стоимость эксплуатации. Благодаря проекту «Солнечная регата» у студентов вузов появилась возможность испытать свои силы в области альтернативной энергетики, а также обменяться опытом с другими участниками проекта. Солнечная регата – соревнования судов, движущихся с использованием энергии солнца.

Главными источниками электрической энергии для тягового электропривода гоночной лодки являются солнечные панели, поэтому необходимо было ответственно подойти к их выбору. Основным различием солнечных батарей является применение в их составе монокристаллических или поликристаллических фоточувствительных модулей. Решено было использовать панели с поликристаллическими модулями, так как они имеют более низкую стоимость и достаточную эффективность преобразования солнечного света в электроэнергию.

Также на борту используются обычные аккумуляторные батареи (АКБ), для возможности накопления энергии в солнечное время и использования её в моменты отсутствия солнца. Из всего многообразия различных типов современных АКБ выбрали на гелиевые аккумуляторы, главными преимуществами которых является длительный срок службы и отсутствие обслуживания. К тому же эти АКБ более безопасны при использовании на воде, что стало решающим фактором при их выборе. Опасность возникновения возгорания такого аккумулятора при попадании на него воды намного ниже, чем у более энерго-эффективных литиевых АКБ.

Участие в течение последних трех лет в традиционной «Солнечной регате» позволило команде НГТУ им. Р.Е. Алексеева накопить опыт в разработке и эксплуатации тяговых электроприводов на базе двигателей постоянного тока [1]. Для очередной регаты тяговый электропривод лодки было решено построить на базе синхронного двигателя с возбуждением от постоянным магнитов и датчиками положения ротора на элементах Холла. Главным преимуществом синхронной машины является отсутствие коллекторно-щеточного узла, что существенно увеличивает надежность системы электропривода и повышает КПД, что особенно важно при работе системы электропривода от солнечных панелей.

Для электропривода на базе синхронного двигателя необходим более сложный силовой преобразователь и система управления. В качестве преобразователя используется интеллектуальный транзисторный трехфазный инвертор напряжения собственной разработки [2]. Главной особенностью инвертора является наличие аппаратной защиты транзисторов от сверхтоков, что позволяет защитить приборы от повреждения даже в случае программной ошибки или отказа системы управления.

Система управления и регулирования, построенная на современном микроконтроллере STM32, имеет замкнутый контур тока и управляет двигателем, подключая нужные пары транзисторов инвертора по сигналам датчиков Холла [3].

Поскольку солнечные панели и АКБ ранее были выбраны на 24 В, а номинальное напряжение нового тягового двигателя - 48 В, был разработан повышающий DC/DC преобразователь. Этот конвертор не только повышает уровень напряжения для питания двигателя, но и позволяет также реализовать систему поиска рабочей точки с наибольшим КПД электропривода, что актуально в длительном заезде с питанием от солнечных батарей.

Разработанная новая система тягового электропривода успешно прошла стендовые испытания, а ходовые испытания доказали правильность принятых решений. В результате команда Нижегородского государственного технического университета Solar Team NNSTU в студенческой гонке «Солнечной регаты» в категории Еврокласс I завоевала «серебро».

Библиографический список

1. **Кузнецов, А.А.** Использование солнечной энергии на транспорте / А.А. Кузнецов, Д.В. Гарев, Д.А. Храмов, Д.О. Колесниченко // Будущее технической науки: тез. докл. XIV Междунар. Молодеж. научно-техн. конф.; Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексева. – Нижний Новгород, 2015.
2. **Багрецов, И.В.** Интеллектуальный транзисторный инвертор напряжения для низковольтных двигателей переменного тока / И.В. Багрецов, И.Е. Бердников, А.О. Кечкин, А.П. Слuzов, А.В. Шахов // Актуальные проблемы электроэнергетики. сб. ст.; Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексева. – Нижний Новгород, 2018.
3. **Дарьенков, А.Б.** Транзисторный электропривод со свойствами источника момента на базе вентильного двигателя / А.Б. Дарьенков, И.Е. Бердников, А.О. Кечкин, А.П. Слuzов, В.В. Соколов // Актуальные проблемы электроэнергетики. сб. ст.; Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексева. – Нижний Новгород, 2018.

Эффективность систем электроэнергетики

УДК 621.316.11

КОЧИНА Д.С., СЕВОСТЬЯНОВ А.А., БЕДРЕТДИНОВ Р.Ш.

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 многие факторы, такие как влияние элементов сети на качество электроснабжения потребителей и их взаимное влияние. Такие 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 однолинейном 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:

- 1) работу ИЭС в нормальных и аварийных режимах;
- 2) 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: сборник статей Международной научно-практической конференции: в 3 частях, 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 / К.Т. Кошеков, О.Н. Пукема // Материалы международной научно-практической конференции «Козыбаевские чтения - 2015: перспективы развития науки и образования». – 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.

УДК 621.311

КРЮКОВ Е.В., ИВАНОВ А.В.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ В СОСТАВЕ ВИРТУАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Решением ряда актуальных задач современной электроэнергетики, таких как электроснабжение технологически изолированных районов, интеграция объектов распределенной энергетики в существующую энергосистему и их эффективная совместная работа, повышение экологичности, представленных в Энергетической стратегии России на период до 2035 года [1], является Виртуальная электростанция (ВиЭС). ВиЭС выступает агрегатором объектов распределенной генерации с участием возобновляемых источников энергии, а также обеспечивает совместную работу источников в оптимальном режиме благодаря наличию интеллектуальной системы управления (СУ).

Авторами разработаны структурная схема имитационного комплекса ВиЭС и соответствующая структура ее программно-аппаратной реализации. Комплекс состоит из источников электроэнергии – ветроэнергетическая установка (ВЭУ) и газопоршневая установка (ГПУ), накопителей электроэнергии (аккумуляторные батареи) и потребителей. Программно-аппаратная реализация комплекса будет включать эмуляторы элементов ВиЭС, реализованные с помощью имитационных моделей, и управляющие устройства.

Разработан алгоритм функционирования имитационной модели ВЭУ на основе проведенного анализа паспортных данных выбранной установки [2]. Согласно алгоритму, разработана имитационная модель ВЭУ в программном комплексе LabVIEW. На имитационной модели проведены исследования зависимости вырабатываемой ветрогенератором мощности от скорости ветра, позволившие определить условия оптимальной работы ВЭУ.

Дальнейшие направления исследований связаны с разработкой алгоритмов функционирования всех элементов ВиЭС и их реализации в LabVIEW, разработкой алгоритмов работы системы управления ВиЭС, а также изготовлением и исследованием аппаратной реализации комплекса.

Библиографический список

1. Энергетическая стратегия России на период до 2035 года : Утверждена распоряжением Правительства РФ от 13 ноября 2009 г. № 1715-р – Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/1026/>. (17.04.18).
2. Сайт компании WESWEN [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://weswen.ru>

УДК 621.3

КУЗИНА О.В., ЛОСКУТОВ А.Б., ЛОСКУТОВ А.А.

АНАЛИЗ РАБОТЫ СЕТЕЙ С РЕЗИСТИВНЫМ ЗАЗЕМЛЕНИЕМ НЕЙТРАЛИ НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ PSCAD

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время в сетях напряжением 6-20 кВ все чаще применяется резистивное заземление нейтрали - заземление нейтрали через активное сопротивление. Этот режим заземления используется в России очень редко, только в некоторых сетях собственных нужд блочных электростанций и сетях газоперекачивающих компрессорных станций. В то же вре-

мя, если оценивать мировую практику, то резистивное заземление нейтрали - это наиболее широко применяемый способ.

Сейчас в сетях 6-35 кВ в России формально разрешены к применению все существующие способы заземления нейтрали, кроме глухого заземления. Режим нейтрали в сетях 6-35 кВ регламентируется п. 1.2.16 ПУЭ, в котором отмечено, что работа электрических сетей напряжением 3-35 кВ может предусматриваться как с изолированной нейтралью, так и с нейтралью, заземленной через дугогасящий реактор или резистор.

При однофазных замыканиях на землю (далее ОЗЗ) в сетях с заземленной нейтралью через резистор во всех присоединениях протекают собственные емкостные токи, а в поврежденном присоединении, кроме того, протекает активный ток, создаваемый резистором. Это позволяет решить две важные задачи:

- селективно определить поврежденное присоединение (за счет простых релейных защит, действующих на отключение или на сигнал) и незамедлительно принять меры по устранению повреждения;
- существенно ограничить уровень дуговых перенапряжений при ОЗЗ и исключить феррорезонансные процессы.

Применяются три варианта заземления нейтрали сетей 6-20 кВ через резистор: низкоомное, высокоомное и комбинированное.

Немногочисленные электрические сети 20 кВ, в г. Москва выполнены с низкоомным заземлением нейтрали. Типовое сопротивление резисторов для этих сетей было выбрано 12 Ом, по аналогии с резисторами, использующимися на западе [1]. Однако, научно обоснованных технических решений по оптимальному выбору сопротивления резисторов в зависимости от конфигурации сети до сих пор нет.

Для исследования электромагнитных переходных процессов в системе электроснабжения промышленного предприятия и в районной электрической сети (РЭС) в зависимости от типа заземления нейтрали и от конкретного сопротивления резистора разработан ряд имитационных моделей в программном комплексе PSCAD. Моделирование токовых защит от замыканий на землю позволяет оценить чувствительность защиты при различных видах повреждений и типах резистора. На основе полученных осциллограмм переходных процессов при ОЗЗ можно судить о величине перенапряжений, воздействующих на кабельную изоляцию и ведущих к накоплению дефектов и снижению срока службы оборудования.

Данные имитационного моделирования позволяют сделать вывод о рациональности схем подключения резисторов, оптимальной величине их сопротивления применительно для конкретной конфигурации распределительной сети.

-
1. **Майоров, А. В.** Режим нейтрали и организация релейной защиты от замыканий на землю в сети 20 кВ / А. В. Майоров, А. И. Ширковец // Релейная защита и автоматизация. – 2016. – №3. – С. 21–28.

УДК 621

МАСЛОВА Н.С., СЕВОСТЬЯНОВ А.А.

КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ. АНАЛИЗ УСТРОЙСТВ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Поддержание качества электрической энергии – одна из основных задач в современной энергетике. Снижение качества электрической энергии приводит к нарушению нормальной работы системы электроснабжения, дополнительным потерям электрической энергии. Поэтому все чаще идет речь об устройствах оптимизации режимов электрической сети. В настоящее время наиболее широкое применение находят новые управляющие элементы. К ним относятся устройства «гибких» линий FACTS.

Ущерб, обусловленный низким качеством электрической энергии, делится на две составляющие: электромагнитную и технологическую. Технологическая составляющая влияет на производительность электрооборудования и установок и, как следствие, на качество выпускаемой продукции. На работу режимов электрических сетей влияет электромагнитная составляющая. Она обусловлена увеличением потерь активной мощности, ростом потребления активной и реактивной мощности электроприемниками, изменением коэффициента мощности, ограничением в использовании компенсирующих устройств, сокращением срока службы изоляции.

Качество и потери электрической энергии имеют между собой жесткую связь. Они взаимосвязаны с балансами мощностей. В свою очередь, проведения мероприятий по регулированию балансов мощностей позволяет поддерживать качество электрической энергии на уровне нормально-допустимых значений.

Известно, что частота является общесистемным параметром, поэтому к ней предъявляются одни из самых строгих требований. Изменение частоты существенно сказывается на работе электрооборудования, вплоть до выхода его из строя. В отличие от частоты, значения напряжения в разных точках сети могут существенно отличаться друг от друга, в связи с чем, необходимо проводить анализ их значений в узлах сети.

Обеспечение качества электрической энергии можно достичь за счет регулирования напряжения и потоков мощностей. Регулирование осуществляется с помощью устройств поперечной и продольной компенсации, устройств векторного регулирования. К устройствам поперечной компенсации относятся управляющие шунтирующие реакторы (УШР), статические тиристорные компенсаторы (СТК), СТАТКОМ, асинхронизированные компенсаторы. К устройствам продольной компенсации – устройства управляемой продольной компенсации, фазоповоротные устройства (ФПУ), асинхронизированные компенсаторы. Устройства векторного регулирования представляют собой объединенные регуляторы потока мощности (ОРПМ), ФПУ в сочетании с одним из устройств поперечного регулирования и каскад из двух асинхронных машин.

Развитие силовой электроники и высокая тенденция к ее применению позволяет контролировать и поддерживать качество электрической энергии на требуемом уровне, отвечать запросам потребителей электрической энергии, повышать надежность электроснабжения электроэнергетических систем.

УДК 621.3

ПРОНИНА О.А., ЛОСКУТОВ А.Б., ЗЫРИН Д.В., ДЕМИДОВА А.С.

ФОРМИРОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ МНОГОКОНТУРНЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С УСТРОЙСТВАМИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОТОКОВ МОЩНОСТИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

На сегодняшний день во многих странах мира прослеживается тенденция внедрения распределенной генерации в системы электроснабжения, которое сопровождается созданием цифровых устройств и автоматических систем регулирования, контроля, а также управления режимами сетей.

Недостатки централизованного электроснабжения от крупных источников и повышение требований к энергетической безопасности как регионов в целом, так и отдельных локальных узлов могут рассматриваться как факторы распространения децентрализованной энергетики и распределенной генерации и определяют тенденцию развития данных направлений. В распределительных сетях стоит задача комплексного регулирования потоков мощности. Устройства на основе технологий гибких электрических сетей FACTS позволяют не только контролировать поток электрической энергии, но и управлять режимом сети. К таким

устройствам относится твердотельный регулятор напряжения (ТРН) для распределительных сетей 6 – 20 кВ, который разрабатывается профессорским составом института электроэнергетики НГТУ.

Разработка алгоритмов функционирования для автоматизированного управления режимами систем электроснабжения с ТРН и источниками распределенной генерации в многоконтурных сетях были сформированы имитационная и математические модели (рис. 1). Управление потокораспределением в сети с помощью ТРН происходит за счет регулирования амплитуды (в моделировании с шагом 0,1 кВ) и угла поворота фазы (в моделировании с шагом 15 градусов) напряжения вольтодобавочного трансформатора [1].

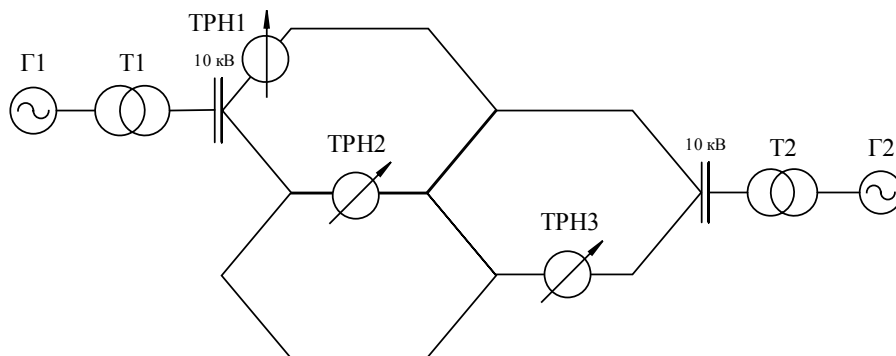


Рис. 1. Схема многоконтурной сети с ТРН

Были проанализированы режимы с включением одного из трёх ТРН, а также работа трёх ТРН одновременно. Максимальное регулирование происходит в линиях, приближенных к активному ТРН. Это связано с тем, что сеть является протяженной, а мощность ТРН значительно меньше суммарной мощности источников.

Установка трех ТРН позволяет добиться максимального перераспределения потоков мощности в отдаленных ветвях сети.

1. Лоскутов, А.Б. Разработка и исследование гибкой интеллектуальной электрической сети среднего напряжения, основанной на гексагональной структуре / А.Б. Лоскутов, А.А. Лоскутов, Д.В. Зырин // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2016. – № 3. – С. 85–94.

УДК 621.3

ПРОНИНА О.А., ЛОСКУТОВ А.Б., ЗЫРИН Д.В., ДЕМИДОВА А.С.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ИСТОЧНИКАМИ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В распределительных сетях стоит задача комплексного регулирования потоков мощности. Устройства на основе технологий гибких электрических сетей FACTS позволяют не только контролировать поток электрической энергии, но и управлять режимом сети. Разработка алгоритмов автоматизированного управления режимами систем электроснабжения проводилась для распределительных сетей 6 – 20 кВ с твердотельными регуляторами напряжения (ТРН) для, которые относятся к устройствам FACTS, и разрабатывается профессорским составом института электроэнергетики НГТУ.

Для управления потоками мощности в сети необходимо знать, какой задавать угол поворота фазы и амплитуду напряжения вольтодобавки регулирующего устройства. ТРН по-

зволяет формировать нужные параметры вольтодобавки ТРН, за счет чего производить регулирование потоков распределением.

Авторами был сформирован комплекс имитационных и математических моделей сети с двумя источниками и нагрузками, для рассмотрения механизма управления потоками мощности, и многоконтурной сети с включением трёх ТРН, для более подробного исследования работы ТРН в сложных системах электроснабжения. В моделировании были проанализированы режимы с включением одного из трёх ТРН, а также работа трёх ТРН одновременно с изменением амплитуды (с шагом 0,1 кВ) и угла поворота фазы (с шагом 15 градусов) напряжения вольтодобавочного трансформатора [1].

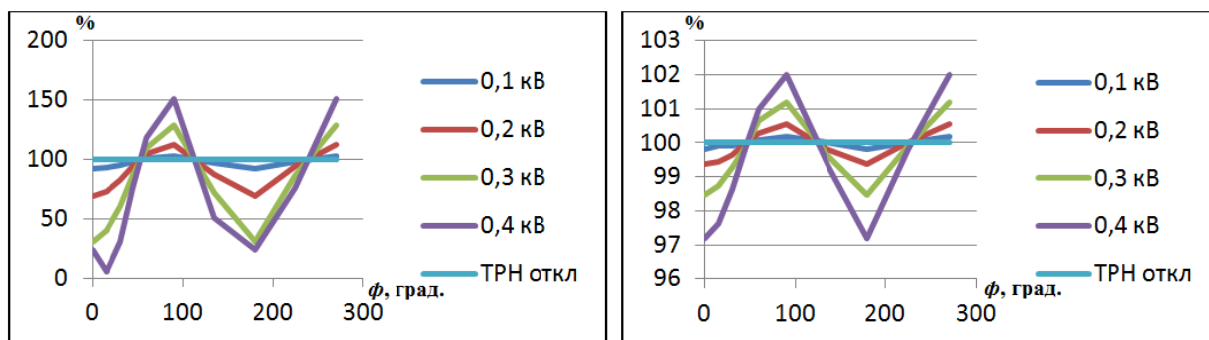


Рис. 1. Характерный график активной мощности линий:
а – с ТРН; *б* – без ТРН

По результатам исследований был сделан вывод, что максимальное регулирование происходит в линиях, приближенных к активному ТРН, что можно увидеть на характерном графике (рис.1). Это связано с тем, что сеть является протяженной, а мощность ТРН значительно меньше суммарной мощности источников.

Установка трех ТРН позволяет добиться максимального перераспределения потоков мощности в отдаленных ветвях сети. Предложен принцип формирования установок ТРН и алгоритмы управления потоками.

1. **Зырин, Д.В.** Исследование режимов распределительных сетей с устройствами регулирования потоков мощности на имитационных моделях / Д.В. Зырин, А.С. Демидова, О.А. Пронина / Сборник научных статей II Международного молодежного конгресса Энергетическая безопасность, 2017. – С. 117–118.

УДК 621.313

САВЕНКО П.С., САВЕНКО А.Е.

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В АВТОНОМНОМ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ

Керченский государственный морской технологический университет

Электрическая энергия является важным фактором экономического и социального развития Российской Федерации. В основном снабжение потребителей электрической энергией осуществляется централизованно из единой электроэнергетической системы. Источниками централизованного электроснабжения являются стационарные атомные, гидро, тепловые и другие электрические станции. Вместе с тем, в ряде случаев для обеспечения электрической энергией применяются автономные электрические станции на основе дизель-генераторных агрегатов. Причиной этого является невозможность получения электрической энергии от централизованной системы в силу ее удаленности или сбоев в работе. Такие автономные электростанции входят в состав электротехнических комплексов военных и торговых морских и речных судов.

Автомобильный паром “Ейск” осуществляет грузопассажирские перевозки между портом Крым и портом Кавказ. Это достаточно современное судно с гребной электрической установкой на основе двух двигателей постоянного тока МП2-М-630-152-8-М3. Основными источниками электрической энергии на судне являются три синхронных генератора переменного тока 6VD26/20-AL-2, которые работают в параллельном режиме. Гребные двигатели получают питание от шин главного распределительного щита через тиристорные преобразователи. К наиболее мощным потребителям можно также отнести бортовое подруливающее устройство, имеющее винт регулируемого шага, с приводом от асинхронного двигателя с фазным ротором мощностью 135 кВт.

Осциллограммы токов (рис. 1) полученные при параллельной работе двух генераторов обнаружили существование обменных колебаний мощности.

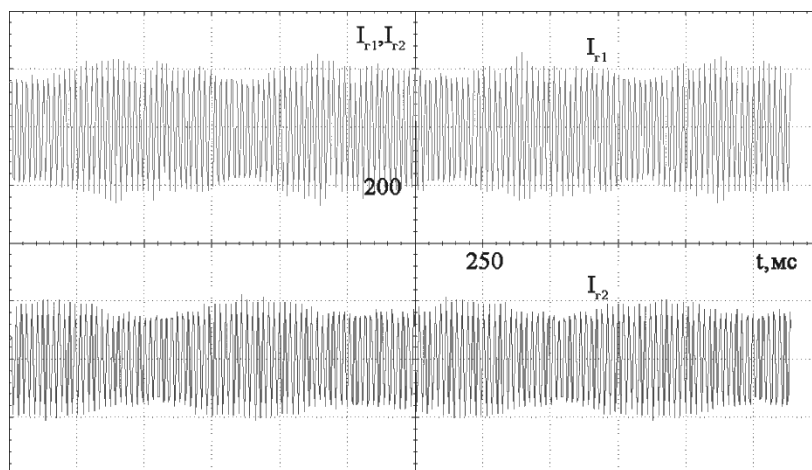


Рис. 1. Токи параллельно работающих генераторов в установившемся режиме

Это явление нарушает устойчивую работу судового электротехнического комплекса и может привести к обесточиванию всего судна. Данная ситуация является аварийной, а значит, недопустимой для пассажирского судна.

1. **Савенко, А.Е.** Обменные колебания мощности в судовых электротехнических комплексах / А.Е. Савенко, А.Н. Голубев // Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина. – Иваново, 2016. – 172 с.

УДК 621.311

ФЕДОРЧАТЕНКО В.И., СОСНИНА Е.Н., ВЕСЕЛОВ Л.Е.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭНЕРГОУСТАНОВОК НА ТВЕРДООКСИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

Энергетические установки (ЭУ) на основе твердооксидных топливных элементах (ТОТЭ) представляются альтернативой классической малой генерации: газотурбинным и газопоршневым установкам, электро-дизельным генераторам, тепловым котлам и др. Главным преимуществом ТОТЭ является отсутствие традиционного процесса сжигания топлива и прямое преобразование химической энергии топлива в электрическую и тепловую. Среди известных типов топливных элементов ТОТЭ являются наиболее перспективными для применения в энергетике благодаря высокому КПД, экологичности и гибкости к топливу.

Авторами проведен аналитический обзор и сравнительный анализ существующих и перспективных энергетических установок на ТОТЭ в России и за рубежом.

Компания *Bloom Energy* (США) специализируется на производстве ЭУ на ТОТЭ мощностью до 300 кВт [1]. *General Electric* (США) занимается созданием энергосистем на ТОТЭ планарной конструкции мощностью 1-6 кВт (с мощностью единичного элемента площадью 900 см² – 360 Вт) [2]. *Siemens Westinghouse* (США) разработала гибридную установку на ТОТЭ мощностью 220 кВт с интегрированной газовой микротурбиной [3]. *Acumentrics* (США) производит автономные источники бесперебойного питания на ТОТЭ (мощностью от 0,25 до 20 кВт) [4]. Финская компания *Convion* в 2015 году начала производство системы *Convion C50* для совместной генерации тепла и электроэнергии [5]. *Sunfire* (Германия) разработала стеки ТОТЭ с экономически оптимизированной конструкцией «Mk-200». На их базе разрабатывается гибридная ЭУ мощностью 200 кВт с КПД 75% при использовании отвода теплоты [6]. *Forschungszentrum Jülich* (Германия) производит стеки для высокотемпературного топливного элемента с керамическим электролитом (мобильного и стационарного исполнения) мощностью до нескольких МВт [7]. *Softman* (КНР) охватывает производство всей продуктовой цепочки ТОТЭ: от электролитического порошка до ячеек ТОТЭ и системы сопряжения ЭУ (от 0,7 до 2 кВт) [8].

В России исследования и разработка энергетических установок на ТОТЭ ведутся компаниями «ИнЭнерджи», «ТВЭЛ» и УрО РАН.

Авторами проведен сравнительный анализ ЭУ на ТОТЭ по основным характеристикам: номинальная электрическая мощность, КПД, рабочая температура, срок службы, стоимость ЭУ и 1 кВт·ч электроэнергии (ЭЭ). Средняя установленная мощность существующих ЭУ на ТОТЭ составила 97 кВт, а средняя рабочая температура 850°C. Среднемировая цена за 1 кВт·ч ЭЭ от ТОТЭ составляет 0,2 долл. (в России 25 руб.).

Дальнейшее широкомасштабное применение ЭУ на ТОТЭ обусловлено их энергетическими и экологическими преимуществами. Основными направлениями развития ТОТЭ являются: снижение стоимости 1 кВт·ч электроэнергии (в том числе за счет поиска усовершенствованных и более доступных материалов), уменьшения операционной температуры и габаритов гибридных энергоустановок.

Библиографический список

1. Интернет-сайт «*Bloom Energy*». [Электронный ресурс]. URL: bloomenergy.com.
2. Интернет-сайт «*General Electric*». [Электронный ресурс]. URL: www.ge.com.
3. Интернет-сайт «*Westinghouse*». [Электронный ресурс]. URL: westinghouse.com.
4. Интернет-сайт «*Acumentrics*». [Электронный ресурс]. URL: www.acumentrics.com.
5. Интернет-сайт «*Convion*». [Электронный ресурс]. URL: convion.fi.
6. Интернет-сайт «*Sunfire*». [Электронный ресурс]. URL: www.sunfire.de.
7. Интернет-сайт «*Forschungszentrum*». [Электронный ресурс]. URL: fz-juelich.de.
8. Интернет-сайт «*Softman*». [Электронный ресурс]. URL: www.soft.com.cn.

УДК 621.311.1

ЭРДИЛИ Н.И., ШАЛУХО А.В., ЧИРКОВА А.Е.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМИЧЕСКОЙ БАЗЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ «ВИРТУАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЕЙ» С БОЛЬШОЙ ДОЛЕЙ МАЛОЙ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Распределенная и возобновляемая энергетика в России развивается быстрыми темпами. Возобновляемые источники энергии (ВИЭ) особо актуально использовать для решения проблем электроснабжения энергоудаленных и автономных потребителей, которые занимают около 70% территории России. Цель исследования - разработка алгоритмической базы для эффективной работы автономного электротехнического комплекса с источниками распределенной генерации.

Рассмотрена классификация электротехнических комплексов с распределенной генерацией. Отмечены основные признаки, выбранные для объекта исследования. В качестве объекта исследования выбран автономный электротехнический комплекс. Он состоит из двух электрически связанных объектов, которые имеют собственные источники электроэнергии. Первым объектом является поселок с фермерским хозяйством и мастерской, источник питания - энергоустановка на биогазе. Вторым объектом является поселок с деревообрабатывающим предприятием, источник питания - дизельная и ветровая электростанции.

Выделены принципы работы виртуальной электростанции (ВиЭС), которые могут быть применены к автономному электротехническому комплексу. Под ВиЭС понимается интеллектуальная система, обеспечивающая технологическое и информационное объединение источников малой генерации, накопителей электроэнергии, управляемой нагрузки для их совместного участия на рынках электроэнергии, оказания системных услуг и взаимного резервирования. [1]

Принципы ВиЭС, используемые на автономном объекте:

- максимально возможное использование потенциала ВИЭ (ветроэлектростанции);
- возможность обмена (покупки/продажи) электроэнергии между объектами;
- возможность участия активных потребителей не только для сглаживания графика нагрузки, но и на локальном рынке электроэнергии.

Проблемы внедрения принципов ВиЭС:

- проблема продажи/покупки электроэнергии (связана с необходимостью создания эффективного механизма, позволяющего продавать излишки электроэнергии от источников на локальном рынке);
- проблема эффективного управления системой с распределенной генерацией. Проведен анализ научных работ в области алгоритмов и систем управления электротехническими комплексами (системами, микросетями) с распределенной генерацией.

Для объекта исследования разработаны алгоритмы управления, учитывающие 7 основных сценариев работы.

-
1. План мероприятий ("дорожная карта") "Энерджинет" Национальной технологической инициативы // Сайт АО «РВК»: [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.rvc.ru/nti/roadmaps/dk_energynet_new.pdf (дата обращения: 11.11.2017, 17.11.2017).

Преобразователи параметров электрической энергии

УДК 621.314

КОРНЕВ Н.С., МИНЕЕВ К.В., НАЗАРОВ А.В., ОСМАНОВ Р.Р., ТИТОВ В.Г.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫХОДНЫХ ФИЛЬТРОВ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ КВЧ РАДИОИНТЕРФЕРОМЕТРИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Филиал РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИИС им. Ю.Е. Седакова»,
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В последнее время для электропитания высокочувствительной измерительной аппаратуры стали широко применяться импульсные преобразователи напряжения из-за их высокого КПД и малых габаритных размеров. Ввиду ограниченного объема внутри корпуса разрабатываемого в НИИИС им. Ю.Е. Седакова полигонного радиоинтерферометрического комплекса (РИК) [1] отсутствует возможность использовать линейный источник питания, поэтому для электропитания РИК необходимо разработать импульсный источник питания (ИИП). При всех своих достоинствах ИИП обладают существенным недостатком: импульсный способ преобразования энергии ведет к появлению на выходе источника импульсных помех (шумов) с частотой преобразования и ее кратными гармониками.

Таким образом, применение импульсных преобразователей в РИК может привести к значительному увеличению уровня собственных шумов прибора и, как следствие, к увеличению погрешности обработки результатов высокоточных измерений [2], что является недопустимым фактором. В связи с этим, сейчас активно прорабатывается вопрос о возможности уменьшения помех выходного напряжения ИИП.

На практике существует три основных метода, позволяющих уменьшить уровень шумов на выходе источника питания (ИП) [3]. К ним относятся:

- применение входных и выходных помехоподавляющих фильтров ИП;
- уменьшение собственных шумов ИП;
- экранирование самого ИП.

В качестве ИИП в разрабатываемом РИК планируется использовать готовые серийно выпускаемые импульсные модули питания в экранированных корпусах, поэтому единственным путем уменьшения влияния пульсаций ИИП на работу РИК является фильтрация выходного напряжения.

Современный рынок импульсных источников питания представлен большим количеством различных модулей электропитания и отдельных модулей фильтрации. В большинстве случаев при выборе конкретного источника питания к нему предлагается приобрести сопутствующий фильтр, настроенный на обеспечение определенного уровня пульсаций выходного напряжения.

В докладе рассматриваются различные топологии выходных фильтров для серийно выпускаемых модулей питания, приводится оценка качества фильтрации выходного напряжения на основе анализа экспериментальных результатов.

Библиографический список

1. **Канаков, В.А.** Состояние и перспективы развития микроволновой радиоинтерферометрии для диагностики газодинамических процессов / В.А. Канаков [и др.] // Антенны. – 2016. – Вып. 1 (221). – С. 49–54.
2. **Корнев, Н.С.** Проблемные вопросы разработки малошумящего импульсного источника питания для полигонного радиоинтерферометрического комплекса / Н.С. Корнев, К.В. Минеев, А.В. Назаров, Р.Р. Османов // Материалы XXII Международной научно-технической конференции. – Н.Новгород, 2016. – С. 214. – 1 CD-ROM.
3. **Затулов, С.Л.** Подавление помех в цепях электропитания / С.Л. Затулов, А.А. Миронов, И.Р. Плоткин, И.В. Твердов // М: ООО «Александр электрик источники электропитания», 2015. – С. 77.

УДК 005.6

БАТРАКОВА М.А., ТРОФИМОВА М.С.

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ ПРОЦЕССОВ ВХОДНОГО КОНТРОЛЯ МАТЕРИАЛОВ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Процесс входного контроля материалов является одним из процессов жизненного цикла продукции, значительно влияющих на качество готовой продукции, поэтому ему следует уделять особое внимание.

Целью проведенной работы являлся анализ взаимосвязи процессов входного контроля материалов и разработка предложений по их совершенствованию.

Основным стандартом в области входного контроля является ГОСТ РВ 0015-308 «Система разработки и постановки на производство военной техники. Входной контроль изделий. Основные положения». В связи с тем, что в 2018 году вышла новая версия стандарта, в работе проведен сравнительный анализ, по результатам которого сделан вывод о том, что новая версия стандарта разработана с применением принципа менеджмента качества «ориентация на потребителя».

Проведенный сравнительный анализ процедуры входного контроля на предприятии и требований новой версии стандарта ГОСТ РВ 0015-308 позволил выявить потенциальные проблемы. В результате построена причинно-следственная диаграмма (рис. 1).

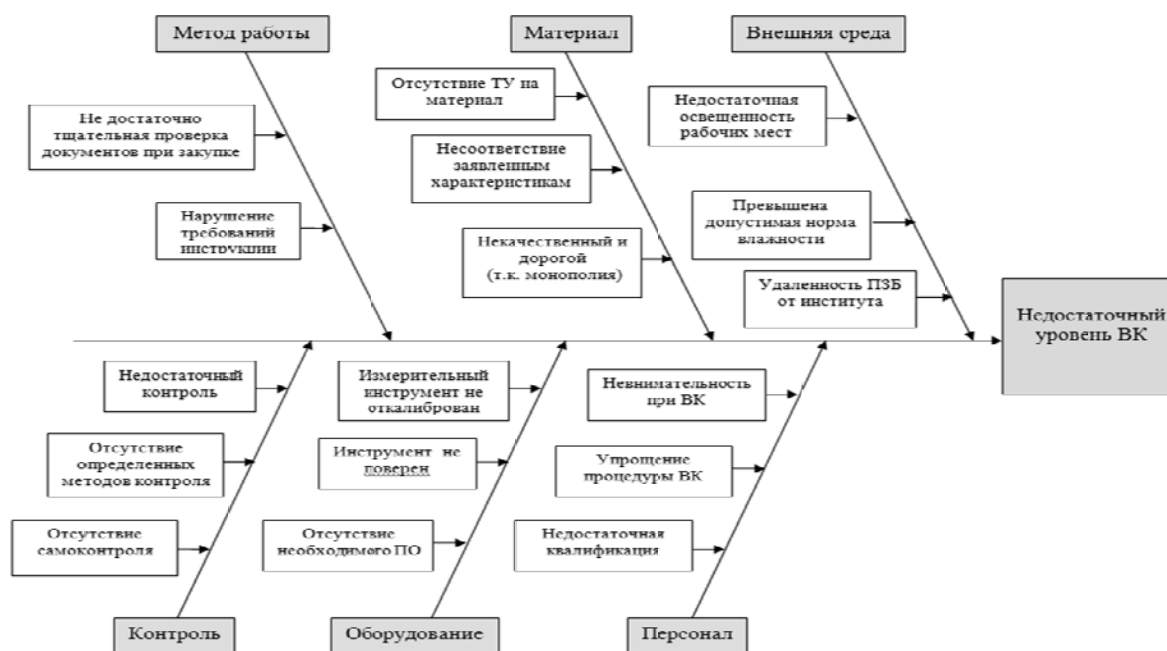


Рис. .1. Диаграмма К. Исикавы

Основными причинами, влияющими на уровень качества входного контроля материалов, являются: отсутствие перечня продукции, подлежащей входному контролю, в

котором были бы прописаны средства измерения, методы контроля и ссылки на нормативно-технические документы и стандарты; упрощение процедуры входного контроля и нарушение требований инструкций.

В результате анализа процедуры входного контроля и выявления причин, снижающих уровень входного контроля, можно сделать вывод о том, что данную процедуру необходимо совершенствовать и требуется разработать документы, систематизирующие требования к входному контролю, удобные в использовании и снижающие уровень трудозатрат контролеров.

УДК 389

ВОРОНИН М.М., КАШИН А.М., ЗИМИНА Е.В.

МОДЕРНИЗАЦИЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ В ЛАБОРАТОРНОМ ПРАКТИКУМЕ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

На машиностроительных предприятиях в цехах и измерительных лабораториях для точных измерений широко используются оптико-механические и оптические приборы. Эти средства измерения находят применение для измерения размеров калибров, плоскопараллельных концевых мер длины, точных изделий, а также для настройки и проверки средств активного и пассивного контроля. Приборы могут быть контактными и бесконтактными, проекционными и интерференционными. Действие их основано на использовании световой энергии.

К оптико-механическим измерительным приборам относятся: пружинно-оптические измерительные головки (оптикаторы), оптиметры, длиномеры, измерительные машины, интерферометры и ряд других приборов.

В метрологической лаборатории кафедры «Машиностроительные технологические комплексы» используются оптиметры, универсальные и инструментальные микроскопы, длиномеры. Большинство моделей средств измерений (СИ) уже давно сняты с производства. Общая проблема этих приборов – осветительная система отсчетной шкалы, влияющая на погрешность измерения.

По причине возникновения погрешности результата измерения делятся на объективные и субъективные. К субъективным относятся погрешности, зависящие от присутствия оператора (температурные составляющие), погрешности отсчета, погрешности действий оператора, профессиональные погрешности.

Оптиметры предназначены для контактных измерений наружных линейных размеров методом сравнения с концевыми мерами. Отсчет в оптиметре типа ОВО-1 производится в окуляре. В основу оптической схемы прибора положен принцип телескопической автоколлимационной трубы, в которую входят зеркало, объектив, призма, стеклянная сетка и окуляр. Осветительную систему составляют зеркало в оправе и призма, установленная в рамке окуляра. Лучи от источника света направляются зеркалом в щель трубки и, преломляясь трехгранной призмой, проходят через шкалу с делениями, нанесенную на плоскость стеклянной пластинки. Пройдя шкалу, лучи света попадают на призму полного отражения и, отразившись от нее под прямым углом, направляются на объектив и зеркало поворотное. Качающееся зеркало пружиной прижимается к измерительному стержню. При перемещении измерительного стержня зеркало поворачивается на некоторый угол α , что вызывает отклонение отраженных от зеркала лучей на угол 2α .

Отраженный пучок лучей объективом превращается в сходящийся пучок, который дает изображение шкалы в фокальной плоскости. При этом шкала смещается в вертикальном направлении относительно неподвижного указателя на некоторую величину, пропорциональную измеряемому размеру детали. Изображение шкалы оператор наблюдает в окуляр, как правило, одним глазом, что утомляет контролера. Настройка освещенности щели зеркалом не всегда возможна. Прибор снят с производства, а у большинства оптиметров отсутст-

вуют зеркала. Важной задачей является модернизация осветительной системы для уменьшения погрешности измерения.

Результаты измерений размеров гладких калибров-пробок на оптиметре типа ОВО-1 в метрологической лаборатории показали, что погрешности отсчитывания на приборе может достигать: погрешность визирования – 1...3 мкм, погрешность от параллакса – около 0,3 цены деления прибора. У малоопытных операторов при использовании оптиметров может быть промах (грубая погрешность) в 1-5 мкм. Для замены системы освещения шкалы оптиметра был спроектирован специальный корпус для крепления на кронштейне прибора. Система подсветки заменена светодиодом, который питается от аккумуляторной батареи. Корпус установлен на оптиметры типа ОВО, что позволило снизить утомляемость работы на приборе, существенно уменьшить субъективные погрешности измерения.

УДК 658.512

ДОМАШЕНКО О.А., КАНГИН М.В.

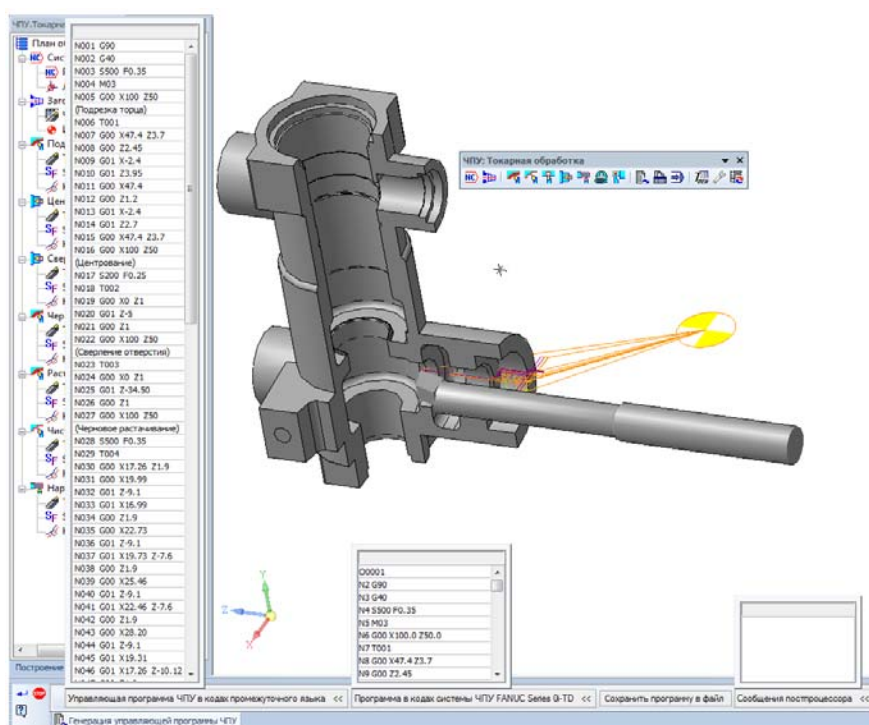
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОДГОТОВКИ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ САМ-СИСТЕМЫ «МОДУЛЬ ЧПУ. ТОКАРНАЯ ОБРАБОТКА» НА ПРИМЕРЕ ДЕТАЛИ «КОРПУС ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЯ»

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

В ходе выполнения исследования был установлен общий порядок работы с библиотекой «Модуль ЧПУ. Токарная обработка» при подготовке управляющей программы (УП) обработки детали корпус переключателя».

Сначала создается локальная система координат (ЛСК) встроенной командой КОМПАС-3D. При создании ЛСК используется способ построения «по объекту» с указанием в качестве объекта торца детали. Тогда ось Z автоматически совпадает с токарной осью.

Затем вызывается команда «Система ЧПУ», указывается в дереве построения ЛСК и выбирается система ЧПУ (постпроцессор). Особенность состоит в том, что постпроцессор выбирается до начала создания обработок.



После вызова команды «Заготовка, инструменты» задается контур заготовки, выбираются инструменты, исходная точка и зона безопасности.

Далее формируется набор обработок (переходов) в соответствии с технологическим процессом обработки детали. После формирования набора обработок генерируется УП ЧПУ. Программа на панели свойств отображается в двух вариантах: в кодах промежуточного языка (на основе ISO) и в кодах системы ЧПУ.

После выполнения указанных операций визуализируется УП ЧПУ с целью проверки корректности управляющей программы (рис. 1).

Разработанная методика, подготовки управляющих программ с использованием САМ-системы «Модуль Чпу. Токарная обработка» на примере детали Корпус переключателя позволяет провести моделирование процесса обработки. В докладе приводятся последовательность действий для выполнения моделирования процесса обработки и принцип работы данного модуля.

УДК 621.9

ЗЫБИНА А.В.

КЛАССИФИКАЦИЯ РАЗРУШЕНИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ ДЛЯ ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева - КАИ

Изготовление кокиля – это трудоемкий и дорогостоящий процесс. Особенно это относится к изготовлению оснастки, необходимой для получения отливок сложной конфигурации, такая оснастка имеет ограниченную стойкость.

Одним из главных экономических показателей себестоимости отливки является стойкость кокиля. Стойкость кокиля зависит от многих факторов, в частности, от материала и конструкции кокиля, марки заливаемого сплава, массы отливки, конструкции литниковой системы и от условий эксплуатации.

Разрушения кокилей классифицируются следующим образом: [1], [2]

1. *Сквозные трещины или трещины первого рода* образуются под действием растягивающих термических напряжений со стороны наружной поверхности стенки кокиля, в основном появляются в кокилях, изготовленных из марок серого чугуна, а также если на наружных поверхностях кокиля имеются раковины или острые углы.

2. *Ориентированные трещины, или трещины второго рода* образуются на формообразующей поверхности кокиля при частых сменах разницы температур, как правило расширяются и удлиняются по направлению к наружной поверхности кокиля, появляются в местах, имеющие концентраторы напряжений.

3. *Сетка разгара, или трещины третьего рода* расположены на формообразующей поверхности кокиля и представляют собой густую сетку не глубоких трещин.

4. *Размыв рабочей поверхности и приваривание к ней сплава* – такой вид разрушения образуется при заливке кокиля металлом с высокой температурной и большим статическим напором струи металла, при отсутствии или недостаточной толщине теплоизоляционного покрытия.

5. *Коробление* появляется в процессе эксплуатации кокиля, оно связано с неизбежными пластическими деформациями. Основной причиной коробления является неравномерный нагрев стенок кокиля, как следствие возникают остаточные напряжения. Кокили при частых сменах разницы температур имеют способность увеличиваться в размерах. К короблению кокиля приводит процесс увеличения его размеров в комплексе с постоянно меняющимися по значению термическими напряжениями. В стальном кокиле при заливке расплавленного металла возникают более высокие по величине напряжения по сравнению с чугунным, поэтому он больше подвергается короблению.

6. *Механические повреждения* образуются в результате невыполнения требований технологического процесса эксплуатации, в особенности при извлечении отливок из полости кокиля (в частности при выбивке отливок с перекосом или в случае приваривания отливки к формообразующей поверхности кокиля). Механические повреждения являются потенциальными источниками появления различных трещин.

Библиографический список

1. **Горюнов, И.И.** Пресс-формы для литья под давлением / И.И. Горюнов. – Л.: Машиностроение, 1974. –255 с.
2. **Савин, И. А.** Теоретическая оценка трещиностойкости оболочковых форм точного литья, изготовленных с применением технологии низкотемпературного прокаливания / И. А. Савин, И. О. Леушин, В.А. Ульянов, Л. И. Леушина // Справочник. Инженерный журнал (с приложением). – 2015. – № 9 (222). – С. 3–5.

УДК 621.039.53

МАКОРОВ А.А., ГЕРАСИМОВ Е.А.

ИССЛЕДОВАНИЯ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ ТОНКОСТЕННЫХ МЕТАЛЛОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

Сварка металлов лазером активно используется для соединения легированных и нержавеющей сталей, алюминия, титана, а также разнородных металлов. Применение электрической дуги либо расплавит тонкий материал полностью, либо деформирует поверхность изделия. В подобной ситуации лучшим вариантом является лазерная сварка металла. Она позволяет создать тонкий шов с минимальным температурным воздействием на изделие. Сфокусированный пучок преобразованного света способен расплавлять металл толщиной от 0,1 до нескольких десятков мм.

В данном докладе приводятся результаты исследования лазерной сварки тонкостенных металлов.

Исследование сварных швов при различных режимах сварки: мощности лазерного луча, фокусного расстояния, частоте импульса, скорости сварки.

Данные по исследованию будут приведены на докладе в виде презентации.

УДК 658.7(075.8)

МИХЕЕВ Е.К., САДОВ А.С., КАНГИН Е.М., КУДРЯШОВ Д.Г.

РАЗРАБОТКА И ОТЛАДКА ШАБЛОНА ОБОРУДОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА VERICUT 7.3 ДЛЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО ФРЕЗЕРНОГО ОБРАБАТЫВАЮЩЕГО ЦЕНТРА SOLEX VM1103H С УСТРОЙСТВОМ ЧПУ FANUC 0I-MD, ОСНАЩЕННОГО НАКЛОННО-ПОВОРОТНЫМ СТОЛОМ TJR МОДЕЛИ FAR-210

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

Объектом исследования является центр Sorex VM1103H с устройством ЧПУ Fanuc 0i-MD, который оснащен наклонно-поворотным столом TJR модели FAR-210 (представлен на рис. 1).

Цель работы – разработать и исследовать компьютерную модель обрабатывающего центра Sorex VM1103H, оснащенного наклонно-поворотным столом TJR модели FAR-210 в программном комплексе VERICUT, с целью верификации управляющей программы (УП) обработки деталей, на предмет исключения опасных сближений и столкновений подвижных узлов станка.

В процессе выполнения научного исследования проведены следующие работы: получены математические модели станка Sorex VM1103H и наклонно-поворотного стола TJR FAR-210; математические модели импортированы в ПК Vericut, при этом учтены взаимные расположения компонентов, связи между подвижными компонентами и ограничения пере-

мещений; разработана электронная модель вертикального фрезерного обрабатывающего центра Solex VM1103H, оснащенного наклонно-поворотным столом TJR модели FAR-210 в программном комплексе VERICUT; проведено предварительное моделирование и визуализация операции обработки типовой детали; устранены выявленные замечания к работе шаблона оборудования.

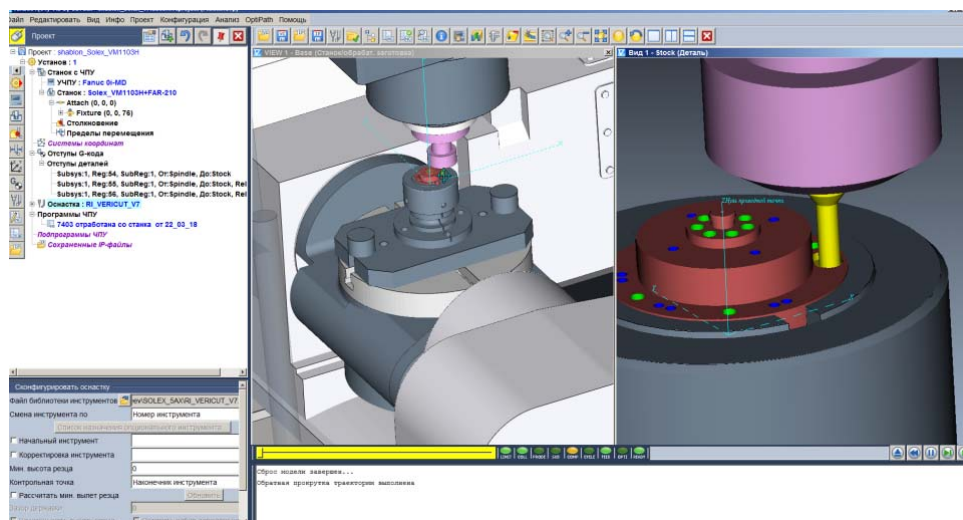


Рис. 1. Шаблон вертикального фрезерного ОЦ Solex VM1103H, оснащенного наклонно поворотным столом TJR модели FAR-210

Область применения – моделирование обработки на станках с ЧПУ, для выявления ошибок кода управляющих программ, возможных столкновений между компонентами станка и выявления неэффективных участков в управляющих программах.

Экономическая эффективность разработанного шаблона заключается в сокращении времени на подготовку УП, так же упрощает проверку УП на наличие ошибок, данный продукт позволяет уменьшить количество брака. Таким образом разработанный шаблон позволит повысить стабильность производства и сократить трудоемкость при отработке управляющей программы.

1. **Васильев, Н. С.** Оптимизация параметров обработки микрофрезерованием с использованием САМ-системы Vericut / Н. С. Васильев, К. П. Помпеев, О. С. Тимофеева // Изв. вузов. Приборостроение. – 2015. – Т. 58. – № 4. – С. 294–296.

УДК 62-932.4

НОВИКОВ К.Н., ЯРОШ А.М., ПЛАТОНОВ А.В.,
ПЛАТОНОВ И.А., СЕРОВ С.С.

РАЗРАБОТКА, ИСПЫТАНИЕ И ВНЕДРЕНИЕ СБОРНЫХ РЕЗЦОВ ДЛЯ ЧИСТОВОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ НА ТЯЖЕЛЫХ ТОКАРНЫХ СТАНКАХ

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

В статьях различных научных журналов и в патентных источниках представлены сведения о конструктивных особенностях сборных инструментов для токарной обработки. Стандартным и наиболее простым представителем сборного инструмента является токарный проходной резец с напаянной режущей пластиной (ГОСТ 18877-73). Сборные резцы со сменной режущей пластиной состоят из державки, к которой механическим путем прикрепляется режущая пластина. В работе [1] показаны существующие проблемы использования такого рода инструмента, связанные с технологическими трудностями изготовления гнезд под сменные режущие пластины и недостаточной прочности их крепления к державкам.

Преимущество предлагаемого резца, по сравнению со стандартным резцом и с резцом со сменной режущей пластиной, заключается в том, что при его применении затраты на инструмент сокращаются значительно. Это вызвано тем, что при выполнении чистовой обработки токарь использует доработанную державку, к которой прикреплен режущий резец с малым сечением державки. Экономическая эффективность, упрощенно вычисленная при условии, что десять рабочих - токарей в день расходуют по три стандартных токарных резца, выражается в объеме 620 т руб. в год. На рисунке показан сборный резец, который проходил испытания.

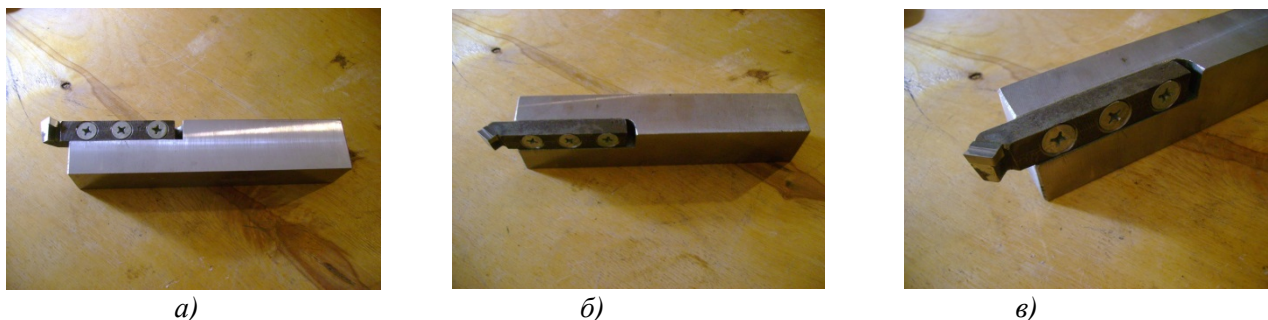


Рис. 1. Фотографии опытного резца:
а – вид сбоку; б – вид сверху; в – увеличенный вид

В качестве державок таких сборных резцов можно использовать колодки стандартных резцов, у которых выкрашена или полностью изношена режущая пластина. Для внедрения таких резцов необходима простая оснастка в виде кондукторов для сверления отверстий в режущем резце и державке, приспособление для фрезерования паза в державке. Такие резцы могут успешно применяться для чистовой токарной обработки на станках, в которых используются резцы с большим сечением державок (40x40 мм и более), т.е. при небольших глубинах резания, когда сила резания в разы меньше, чем при черновой обработке.

Организационно-технические мероприятия по внедрению предлагаемого решения следующие: разработка технологий изготовления и доработки б/у державок и стандартных режущих резцов; проектирование оснастки и ее изготовление; организация сбора изношенных резцов с большим сечением державок; организация работ по доработке державок и режущих резцов.

1. **Пиженков, Е.Н.** Способ базирования сменных твердосплавных пластин в корпусах сборного режущего инструмента / Е.Н. Пиженков, И.М. Березин // *Фундаментальные исследования*. – 2017. – № 8-2. – С. 302–307.

УДК 005.6

ПОТАПОВА А.М., ТРОФИМОВА М.С.

АНАЛИЗ ПРИЧИН ДЕФЕКТОВ ЗВЕНЬЕВ ЯКОРНЫХ ЦЕПЕЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Якорные цепи служат для соединения станковых якорей с корпусом судна. Они состоят из звеньев овальной формы с распорками (контрфорсами), которые увеличивают прочность звена и соответственно всей якорной цепи до 20%. В зависимости от назначения и условий эксплуатации применяют различные виды исполнений якорных цепей. Такие цепи могут изготавливаться как без применения соединительных элементов, так и с применением соединительных звеньев Кентера.

Согласно принципу Парето, чтобы достичь наибольшей эффективности какой-либо деятельности и оптимизации ее результатов, необходимо правильно выбрать минимум самых важных действий. Благодаря этому можно быстро получить значительную часть от планируемого полного результата, при этом дальнейшие улучшения неэффективны и могут быть неоправданными [1].

Цель работы: анализ дефектов звеньев якорных цепей. В исследовании рассмотрена цепь якорная с комплектацией якорной смычкой, скобой и коренной смычкой.

Основными несоответствиями изделий якорной цепи являются: несоответствие геометрических параметров требованиям ГОСТов, трещины и раковины, заусенцы, ступенька, несоответствие прочностных характеристик ТУ, разностертость, прижоги, неровности, некачественное покрытие.

Необходимо провести анализ вышеуказанных причин несоответствий. Для этого воспользуемся простым инструментом качества Диаграммой Парето. Она позволяет выявить главную причину проблем, возникающих в процессе производства.

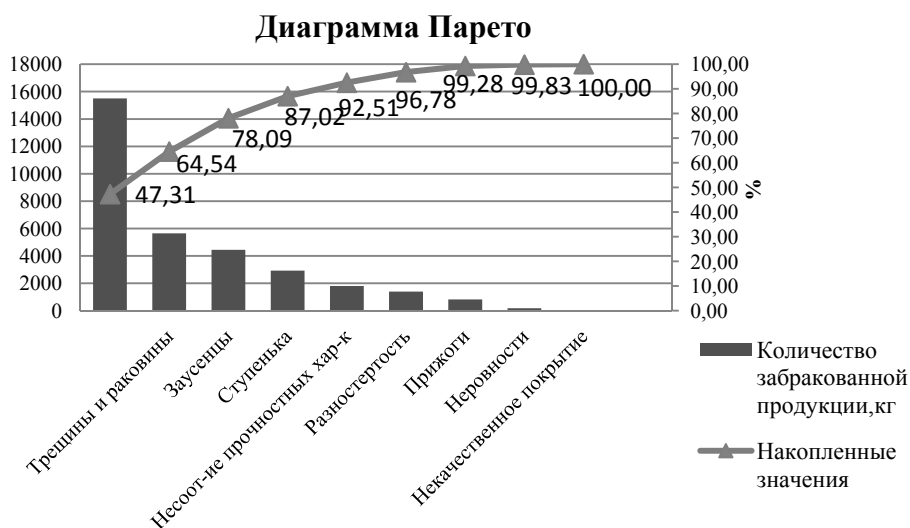


Рис. 1. Диаграмма Парето причин дефектов изделий якорных цепей

Выявили, что основной причиной дефектов изделий якорной цепи является «несоответствие геометрическим параметрам». Таким образом, если устранить данную причину, предприятие избавится от 80% несоответствий.

1. Статистические методы в управлении качеством: методические указания к выполнению практических работ / Н.А. Олинович. – Иркутск: ИрГУПС, 2012.

УДК 62-932.4

ПУШКОВ Н.Д., ПЛАТОНОВ А.В., ПЛАТОНОВ И.А., ШМЕЛЕВ П.О.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБЛЕГЧЕННОЙ КОНСТРУКЦИИ СТЕНДА ДЛЯ ПРАВКИ ЛЕГКОСПЛАВНЫХ ДИСКОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ КОЛЕС, ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ И ПОДГОТОВКА ИХ СЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

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

В настоящее время наблюдается наличие большой номенклатуры оборудования для ремонта (правки) дисков автомобильных колес, изготовленных из алюминиевых сплавов. Услуга по правке дисков востребована, в Нижнем Новгороде имеются участки по правке дисков, работающие круглосуточно, например, на ул. Белинского 45.

При обслуживании автомобилей используются различные, освоенные до простых приемов выполнения, ремонтные технологии, однако, ремонт дисков является сложным процессом, на который нет испытанных опубликованных инструкций, требует не только наличия надежного и оснащенного необходимым инструментом оборудования, но и высокой квалификации оператора.

В нашем институте с 2006 года проводятся исследования и выполняются разработки в области правки дисков, которые нашли отражение в более десяти магистерских работ и в различных научных статьях и конференциях. Имеется опытный участок, на котором установлен стенд для правки дисков собственной запатентованной разработки (79259). На участке изготавливаются и испытываются новые инструменты, проводятся опыты по освоению различных технологий правки дисков, на некоторые из них имеются собственные патенты (79258, 91013, 91901, 105848, 2281176, 2524513, 2530229 и др.), несколько заявок на получение патентов находятся на рассмотрении в ФИПС.

Наш стенд неоднократно представлялся на различных, в том числе, международных выставках, в НГТУ на выставке, посвященной 100-летию Р.Е. Алексеева (рис.1). Большой вес нашего стенда (315 кг.) приводит к сложностям при его транспортировке, сборке и монтаже. На рис. 2 показан эскиз нашей новой разработки облегченного варианта стенда. Принципиально изменилась несущая рама, состоящая из двух П-образных пластин, вырезанных плазмой, к которой болтами присоединяется корпус со шпинделем и фланцем. Существующая сварная конструкция несущей рамы состоит из швеллеров, уголков и труб. К такой конструкции приварен корпус, в котором смонтирован шпиндель с фланцем, т.е. имеется монолитная тяжелая конструкция. На установке плазменной резки изготовлены детали к нашему новому стенду. В новом стенде облегчена конструкция стола и Г-образных опор, что, в совокупности с новой несущей рамой, позволит уменьшить вес стенда на 50-80 кг, появится возможность его сборки из более легких узлов. Предполагаемая стоимость нового стенда не будет превышать стоимость серийно изготавливаемых в России и зарубежом стендов.



Рис. 1. Стенд для правки дисков на выставке в НГТУ

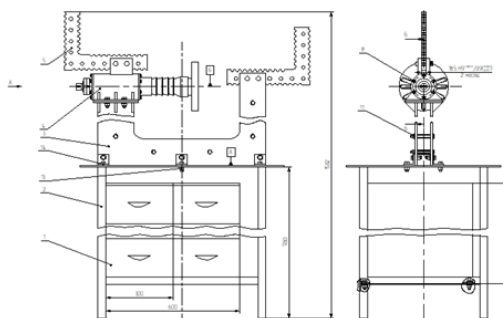


Рис. 2. Эскизный вариант нового стенда (вид прямо и сбоку)

В статье показаны текущие работы и планируемые мероприятия по подготовке производства нового стенда для правки дисков автомобильных колес. Инвестирование проекта позволит создать новые рабочие места и представить на рынок гаражного оборудования более совершенный, по сравнению с существующими, стенд для правки дисков автомобильных колес.

УДК 669

РОМАНОВ И.Д., РОМАНОВА Е.А.

РАЗРАБОТКА БАЛЛИСТИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ НА ОСНОВЕ ДИСПЕРСНО-УПРОЧЕННОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Целью работы является исследование возможности применения в качестве элементов баллистической защиты дисперсно-упроченных композиционных материалов разрабатываемых на основе модифицированной технологии внутреннего окисления. Данная технология является частным случаем горения массива металлизированного топлива в тепловыделяющем элементе воздухонезависимой энергетической установки [1].

В ходе работы в качестве матричного материала использовался алюминиевый сплав А6. Все образцы исследовались в литом нетермообработанном состоянии. Разливка сплава осуществлялась в разъемные кокиля со следующими габаритами готового изделия: 100x100 мм толщиной от 5 до 25 мм и цилиндры диаметром 60 мм и высотой 100 мм, которые затем нарезались на образцы диаметром 60 мм и высотой от 10 до 25 мм.

В нашем случае образцы испытывались на специально изготовленной машине, аналогичной описанной в [2]. В качестве индекторов использовались пули ПАБ-9 и сердечники данных пуль. Это было связано с тем что данный сердечник изготавливается из стали аналогичной пули Б-32, но имеет большую длину. На рис. 1 слева направо показаны: пуля Б-32, пуля Б-32 после испытания при небольшой нагрузке, сердечник пули Б-32 до испытания, сердечник ПАБ-9. На рис. 2 слева направо показаны пуля ПАБ-9 после испытания на установке (пробитие 20 мм сплава 5083), пуля ПАБ-9 после реального отстрела по бронежилету с керамической пластиной (без пробития), сердечники пуль ПАБ-9 после испытания на установке.



Рис. 1. Пуля Б-32 и сердечники пуль



Рис. 2. Пули и сердечники пуль ПАБ-9



Рис. 3. Результаты испытаний

На рис 3. Показан пример разрушения сердечников пуль при попадании в испытуемый элемент на небольшом расстоянии друг. Глубина проникновения порядка 12 мм. Оба сердечника разрушились, один удален при подготовке шлифа. Визуально применяемые сердечники не имели закалочных трещин.

В условиях проведения испытаний на экспериментальном стенде и применении в качестве основы сплава А6 предпочтительным является сплав, насыщенный частицами оксида алюминия размерами порядка размером 20–35 μm 20–30 % частицами. При меньшем размере частиц растет глубина проникновения сердечника. При увеличении размера частиц или росте процента насыщения более 40 % увеличивается склонность образцов к растрескиванию

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-33-00455 мол_а.

Библиографический список

1. **Чернышов, Е.А.** Разработка тепловыделяющего элемента на основе высокометаллизированного безгазового топлива / Е.А. Чернышов, Е.А. Романова, А.Д. Романов // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия: Машиностроение. – 2015. – № 6 (105). – С. 74–81.
2. Yunus Eren Kalay. Low velocity impact characterization of monolithic and laminated AA 2024 plates by drop weight test (2003). – 149 p.

УДК 621.9

СТАРОВЕРОВА О.Ю., КАНГИН М.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МЕТОДОВ НАНЕСЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ НА СВОЙСТВА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

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

На мировом рынке технологий по упрочнению поверхности инструмента наиболее широко были представлены два метода: метод химического осаждения (Chemical Vapour Deposition -CVD) и метод физического осаждения покрытий (Physical Vapour Deposition - PVD).

CVD – химическое осаждение из паровой фазы. Пластины на подносах или сетках

помещаются в печь, в камеру которой подаётся серия газов, затем трубки очищаются, и подаётся другая серия газов. Этот процесс повторяется, пока не сформируется многослойное покрытие. Процесс осуществляется при температуре около 900 °С в среднем в течение 30 ч. Толщина покрытия приблизительно 2–12 мкм.

Преимущества CVD покрытия:

- CVD покрытие обеспечивает возможность сделать толстое покрытие;
- есть возможность варьировать толщину слоёв покрытия;
- покрытие CVD обеспечивает очень хорошее сцепление с твёрдосплавной основой и очень хорошую износостойкость;
- CVD покрытие дает возможность сделать оксидное покрытие.

PVD – физическое осаждение из паровой фазы. Пластины загружаются в камеру на вращающихся приспособлениях. Металлические мишени помещаются на стенку камеры. Основной компонент – это титан (Ti). Мишени нагреваются до температуры, при которой металл ионизируется. С помощью газа заряженные ионы переносятся от мишеней к пластине. Так как пластина холоднее, ионы конденсируются на поверхности пластины, формируя покрытие.

Преимущества PVD покрытия:

- толщина покрытия находится в пределах 2–6 мкм в зависимости от области применения пластины;
- основным составом PVD слоёв сегодня являются TiN, Ti(C,N), (Ti, Al, Cr)N, а также оксид алюминия;
- PVD покрытие обеспечивает хорошую прочность режущей кромки;
- покрытие PVD может сохранить острую режущую кромку;
- метод PVD может быть использован для напайного инструмента;
- PVD покрытие может быть нанесено на цельный твёрдосплавный инструмент.

Использование металлорежущего инструмента с предварительно нанесенными тонкими (1-5 мкм) износостойкими покрытиями обеспечивает ряд важных преимуществ: повышение производительности обработки резанием на 20–200%, увеличение срока службы инструмента до 1,5–10 раз при обработке конструкционных сталей, до 4 раз – при резании коррозийноустойчивых и жаропрочных сталей, в 1,5–2,5 раза – при обработке титановых и никелевых сплавов.

Каждый из приведенных методов физического осаждения имеет свои преимущества и недостатки, поэтому широкое распространение в последнее время получили различные гибридные методы напыления.

УДК 669

ЧЕРНЫШОВ Е.А., РОМАНОВ И.Д., РОМАНОВА Е.А.

ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОАРМИРОВАННОГО ДИСПЕРСНО-УПРОЧНЕННОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ МЕТОДОМ ВНУТРЕННЕГО ОКИСЛЕНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время идет активная разработка принципиально новых конструкционных материалов, которые позволяют добиться качественного улучшения технических характеристик машин и механизмов [1]. В значительной мере этим требованиям удовлетворяют дисперсно упроченные композиционные материалы (ДУКМ). Интерес к ДУКМ с матрицей из алюминиевых сплавов с высоким содержанием дискретных керамических частиц обусловлен их механическими и служебными свойствами в сочетании с низкой плотностью. При высокой объемной доле армирующих частиц ДУКМ значительно повышается контактная прочность, что позволяет, в перспективе, изготавливать из них опорные элементы грузовых рольгангов, детали гидроаппаратов и др. При этом существует значительный резерв в дальней-

шем совершенствовании свойств дисперсно наполненных ДУКМ за счет развития различных технологий получения.

В НГТУ им. Р.Е. Алексеева разрабатывается технология получения высокоармированных ДУКМ на основе алюминия, заключающаяся во взаимодействии расплава алюминия с кислородом с образованием расплава, насыщенного частицами Al_2O_3 . Данная технология является развитием воздухонезависимой энергетической установки на основе высокометаллизированного топлива [2]. Это позволяет получать композит в одну стадию непосредственно из расплава, что обеспечивает наличие прочной межфазной границы между матрицей и наполнителем. Размер и степень насыщения расплава частицами варьируются за счет изменения условий получения, на рис. 1 приведен пример твердой фракции размером включений более 1 мм. На рис. 2 показана структура излома образца с насыщением более 50%, причем излом произошел по керамической частице, что подтверждает высокую межфазную связь в готовом образце металл-керамическая частица.

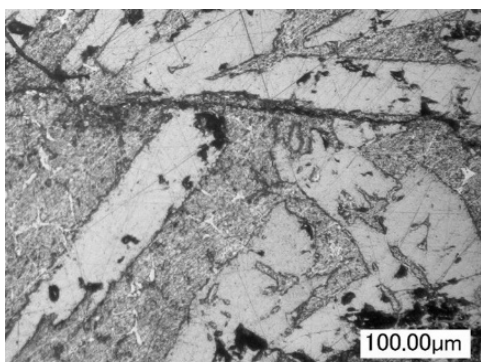


Рис. 1. Пример твердой фракции размером включений более 1 мм



Рис. 2. Пример разрушения образца с размером включений более 1 мм

Применение технологии внутреннего окисления позволяет значительно снизить стоимость получения изделий. Заявленное снижение стоимости исходных материалов происходит за счет отказа от порошкообразных компонентов. Объемная доля армирующего наполнителя в материале может составлять до 95% об.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-33-00455 мол_а.

Библиографический список

1. **Курганова, Ю.А.** Перспективы развития металломатричных композиционных материалов промышленного назначения // Сервис в России и за рубежом. – 2012. – № 3 (30). – С. 235–240.
2. **Чернышов, Е.А.** Разработка тепловыделяющего элемента на основе высокометаллизированного безгазового топлива / Е.А. Чернышов, Е.А. Романова, А.Д. Романов // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия: Машиностроение. – 2015. – № 6 (105). – С. 74–81.

УДК 621.7.011

ШИРШКОВА М.А., ШНЕЙБЕРГ А.М., ИВАНОВ С.В.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ КОМБИНИРОВАННОЙ ШТАМПОВКЕ В ОТКРЫТЫХ ШТАМПАХ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Одним из перспективных способов уменьшения деформирующей силы в технологических процессах обработки металлов давлением является комбинированное нагружение, заключающееся в сочетании осевого перемещения деформирующего инструмента и вращения его вокруг оси [1, 2].

Процесс тем эффективнее, чем больше отношение d/h , где d, h – диаметр и высота очага деформации, и кинематический параметр $i = \frac{v}{n}$, где v и n – скорость поступательного и вращательного движения инструмента.

Поскольку основной частью многих процессов обработки металлов давлением (ОМД), является операция осадки, то предполагается, что для определения величины P процесса комбинированной штамповки можно использовать те же формулы, что и для осадки с кручением, но с учетом особенностей формы очага деформации.

Так, уравнение для осевой силы ОШ при $\mu = 0,5$ и наличии облойного кольца, приведенное в работе [4]:

$$\frac{P}{\sigma} = S_1 \left(1,5 + \frac{l_M}{h_2} + 0,1 \frac{d_1}{h_2} \right) + S_2 \left(1 + \frac{1}{2} \frac{l_M}{h_2} \right), \quad (1)$$

для случая КШ будет иметь вид

$$\frac{P'}{\sigma} = S_1 \left[m_1 \left(1 + \frac{l_M}{h_2} \cos \alpha_2 + 0,1 \cos \alpha_1 \frac{d_1}{h_2} \right) + 0,5 \right] + S_2 \left[m_2 \left(1 + \frac{1}{2} \frac{l_M}{h_2} \cos \alpha_2 \right) \right], \quad (2)$$

где S_1 и S_2 – площадь проекции поковки и мостика у облойного кольца; l_M, h_2 – ширина мостика и высота облоя на мостике; $d_{cp} = \frac{d_1 + d_2}{2}$;

$$m_1 = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{1,1d_1^2 k^2}{i^2}}}; m_2 = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{1,1d_{cp}^2 k^2}{i^2}}};$$

тика и высота облоя на мостике; $d_{cp} = \frac{d_1 + d_2}{2}$;

$$\cos \alpha_1 = \cos \arctg \frac{2\pi h_1(1-k)}{i^2}; \cos \alpha_2 = \cos \arctg \frac{2\pi h_2(1-k)}{i^2};$$

где h_1 – высота приведенного к цилиндру конусного очага деформации (его контур в ручье показан затемненным цветом – рис. 1), при равенстве их объемов.

Приближенно она составляет $h_1 \approx (1,5..2,5)h_2$.

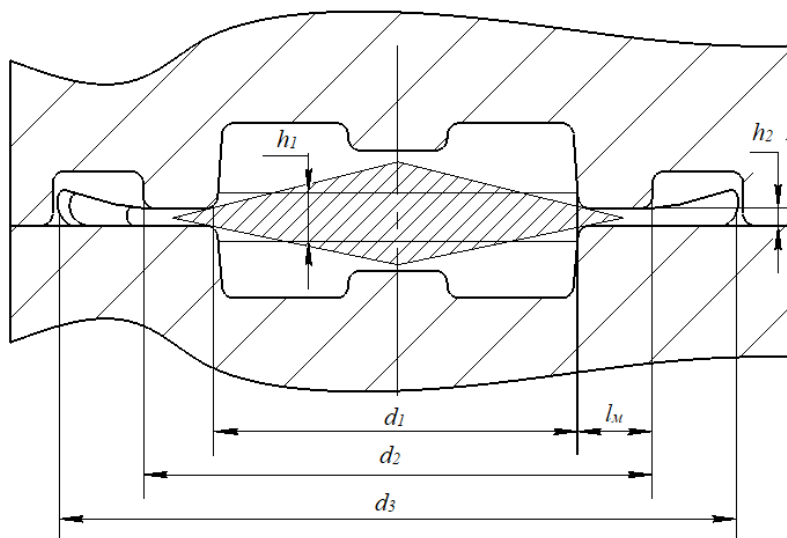


Рис. 1. Схема очага деформации

Опытная проверка расчетной формулы (4) проводилась по двум схемам:

- 1) штамповка образца с циклированием по режиму: ОШ → КШ → ОШ;
- 2) штамповка двух образцов с равным исходным объемом: первого - в режиме ОШ и, далее, при том же уровне усилия P_k – в режиме КШ.

Включение вращения при $P=P_k$ приводило к дополнительному ходу инструмента Δh_u , а при равной длине хода $h_u + \Delta h_u$ у обоих образцов сила P при ОШ превышала P' КШ на величину ΔP .

Анализ результатов показал, что расхождение расчетных и опытных величин отношения $\frac{P}{P'}$ не превышает $\pm 7\%$. Отсюда формулу (2) можно рекомендовать для приближенной оценки усилия процесса комбинированной штамповки в открытом штампе.

Библиографический список

1. **Субич, В.Н.** Штамповка с кручением: монография / В.Н. Субич. – М.: МГИУ, 2008. – 389 с.
2. **Шнейберг, А.М.** Влияние коэффициента схватывания на осевую силу при комбинированной осадке / А.М. Шнейберг, О.С. Кошелев // КШП, ОМД. – 2015. – №9. – С. 3–9.
3. Пат. 38304 РФ, МПК U1B21J13/02. Установка для комбинированного нагружения при обработке металлов давлением / Ф.П. Михаленко, А.М. Шнейберг, О.С. Кошелев, А.С. Пудов. – Оpubл. 10.06.04. Бюл. №16.
4. **Сторожев, М.В.** Теория обработки металлов давлением / М.В. Сторожев, Е.А. Попов. – М.: Машиностроение, 1977. – 433 с.
5. **Брюханов, А.Н.** Ковка и объемная штамповка / А.Н. Брюханов. – М: Машиностроение, 1976. – 486 с.

СЕКЦИЯ 4

НАЗЕМНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА И ТРАНСПОРТНО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ

Подсекция 4.1

Конструирование наземных транспортных средств

УДК 629.113

ДУНАЕВ И.Е., ЗОЛОТОВ Д.А., КОНОПЛЕВА М.А.,
ШЕВАКОВ Д.А., ШУСТОВ С.И., НИКАНДРОВ И.С.

РАЗВИТИЕ СЕТИ ДОРОГ ПО ЛЕДОВОМУ ПОКРОВУ ОЗЕР И РУСЕЛ РЕК СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Дзержинский политехнический институт НГТУ им. Р.Е. Алексева

Решение стратегической проблемы освоения северных территорий Сибири и Дальнего Востока неизбежно связано с необходимостью решения социально-экономической задачи создания развернутой транспортной инфраструктуры перемещения грузов и людей. Сегодня основная часть данной территории становится доступной транспортному обслуживанию только с началом навигации на реках, а в остальное время ограничено обслуживается авиацией.

В то же время на 70% территории России длительность зимнего периода превышает шесть и более месяцев, поэтому при прокладке зимних дорог по озерам и руслам рек и обеспечении содержания трасс в проезде состоянии они могут стать основной транспортной сетью для хозяйственного освоения этих малодоступных сегодня регионов России. Поскольку существующие поселения расположены преимущественно по берегам рек, то практическое значение имеет организация транспортных дорог по рекам: Обь, Енисей, Ангара, Иртыш, Тунгуски, Ишим, Томь, Лена, Индигирка, Алазея, Колыма, Анадырь, Витим, Мая, Омолон и др. Большинство этих рек протекает в меридианальном направлении, не охваченном автомобильным и железнодорожным сообщением. Организация зимних дорог создает условия для круглогодичного транспортного обслуживания населения с использованием серийно выпускаемых судов на воздушных подушках.

Без планировки ледовых трасс и поддержания их в чистоте эксплуатация таких судов в зимнее время технически невозможна. Для решения этой важной задачи необходима постановка и проведение комплекса исследований, включая:

- определение схем прокладки трасс;
- выявление расположения заторошенных участков на местности, определение геометрических параметров торосов на них и свойств снежно-ледовых образований торосов;
- исследование взаимодействия режущих элементов со снежно-ледовой массой торосов, определение сопротивления снежно-ледового материала тороса резанию и свойств измельченной снежно-ледовой массы;

- конструктивную разработку рабочих органов спецмашины и технологии прокладки и поддержания в рабочем состоянии зимних трасс.

Определение геометрических параметров заторошенных участков и свойств снежно-ледового материала в торосах явилось целью данного исследования.

Исследование состава заснеженных торосов на льду южной оконечности о. Байкал в декабре 2017 года показало, что толщина снежного покрова на ледовой поверхности составляла 0,15 – 0,3 м. Но высота торосов, торчащих из снежного вала, порой достигала 1,5–,7 м. Абсолютная высота торосов практически не меняется за зимний период. К весеннему периоду наблюдается обтаивание острых граней и вершин льдин торосов. Переменной величиной являются количество и свойства снежного материала в нем.

Для определения возможных размеров кусков при механическом сломе торосов выполнена экспериментальная разборка нескольких участков торосов площадью 200x200 см каждый. При этом куски торосов, вмерзшиеся в ледовый покров, срезали по дневной поверхности ледового покрова с помощью механической бензопилы. Обмер кусков показал, что в большинстве случаев они имеют значение толщины, равное 14 ± 5 см. Возможно, это соответствует средней толщине льда перед началом ледостава. Из льдин данного периода формировались торосы за счет надвигания ледовых полей ветровым потоком на прибрежную полосу и выдавливанием обломков из воды отгонной волной.

Данные по разборке кусков льда тороса приведены в табл. 1.

Таблица 1

Распределение кусков льда в торосе по размерам

№ п/п	Высота тороса, см	Количество кусков (шт) с размером (толщина x длина), см				
		5x9	10x(10 – 20)	15x(20 – 60)	15x(60 – 80)	20x(80 – 120)
1	80 – 146	67	240	12	16	2
2	80 – 140	85	315	16	13	1
Среднее	110	76	277	14	14,5	1,5

При резании массы заснеженного тороса взаимодействие элементов рабочего органа (резцов, шнека, лопастей метателя направляющего устройства и др.) со снежно-ледовой массой как цельного тороса, так и измельченной снежно-ледовой массы зависит от множества переменных факторов, влияющих на изменение условий взаимодействия режущего органа с разрабатываемой в значительной мере заблокированной средой. Данное изменение условий взаимодействия должно учитываться при разработке конструктивных параметров шнековой фрезы и выборе режима ее работы.

Лед, являясь поликристаллическим материалом, имеет следующие прочностные свойства: сопротивление раздавливанию 25 МН/м^2 , сопротивление разрыву $1,1 \text{ МН/м}^2$, сопротивление срезу $0,57 \text{ МН/м}^2$. Энергия активации льда деформации (или механической релаксации) меняется в пределах $47,9 – 89,2 \text{ кДж}$.

Снег является разновидностью кристаллической формы воды, образующейся в воздухе при переходе паров воды в твердое состояние при переохлаждении. Снег классифицируется по продолжительности лежки на: свежесвыпавший, лежалый и застарелый (уплотненный); по степени связности кристаллов на: рыхлый, уплотненный и смерзшийся. Кулепов В.Ф. и Слюсарев А.С. выделяют три типа снега. Первый тип – целинный лежалый имеет насыпную массу до 250 кг/м^3 и начальное давление при $-2 \text{ }^\circ\text{C}$, равное 900 Па , при $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ – 570 Па . Ко второму типу относится обвалованный снег, подвергшийся механическому воздействию и перемещению. Плотность его равна $\sim 300 \text{ кг/м}^3$. К третьему типу относят снег, обработанный песчано-солевой антиобледенительной смесью. Плотность его равна $\sim 350 \text{ кг/м}^3$.

Предел прочности снега (σ) при $-3 \text{ }^\circ\text{C}$ равен 2 МПа , что на порядок меньше, чем у льда и в $35 – 40$ раз ниже, чем для грунта.

Для определения свойств снежно-ледовых образований торосов нами отбирались с помощью цилиндрического отборника (бура) диаметром 100 мм керны проб по всей высоте тороса. Отобранные керны высотой $100 – 350 \text{ мм}$ выкладывались на полотно, взвешивались с

точностью ± 5 г для определения плотности материала. Объем материала кернов определяли обмером, а отдельных кусков льда нагружением в воду с температурой 0°C по объему вытесненной при этом воды. Экспериментально установлено, что средняя плотность массы снежно-ледового образования в торосе равна 514 кг/м^3 , и она меняется от значений, близких к плотности льда ($\rho_{\text{л}} = 910 \text{ кг/м}^3$) до плотностей свежевывапавшего снега ($\rho_{\text{с}} = 0,14 - 0,19 \text{ кг/м}^3$).

По высоте тороса, как следует из рису. 1, средняя плотность материала в торосе с удалением от дневной поверхности льда понижается с 910 кг/м^3 (для льда) до $750 - 800 \text{ кг/м}^3$ в нижнем слое и до минимума $340 - 400 \text{ кг/м}^3$ на высоте $600 - 900$ мм от поверхности льда.

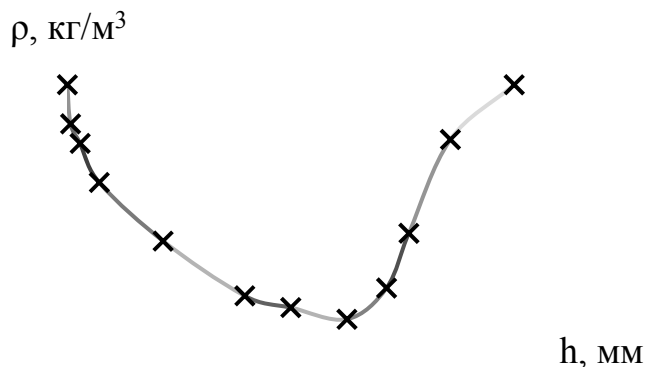


Рис. 1. Изменение плотности снежно-ледовой массы (ρ) по высоте торосов (h)

В более верхних слоях плотность материала вновь возрастает до значений плотности чистого льда ($890 - 910 \text{ кг/м}^3$), поскольку в них практически отсутствует снег из-за его выдувания ветровыми потоками.

Основная часть материала льда в торосах (54% случаев) приходится на куски с медианным диаметром $30 - 60$ мм (рис. 2). Еще 35% приходится на куски со средним медианным диаметром $80 - 120$ мм. Куски со средним медианным диаметром $400 - 500$ мм встречаются редко, не чаще 2 – 3 шт на площади тороса 4 м^2 .

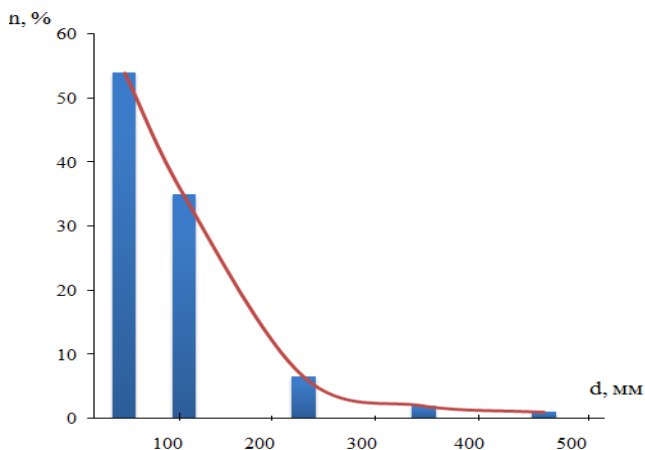


Рис. 2. Гистограмма частот распределения размера кусков льда в торосах по их средним медианным диаметрам (d)

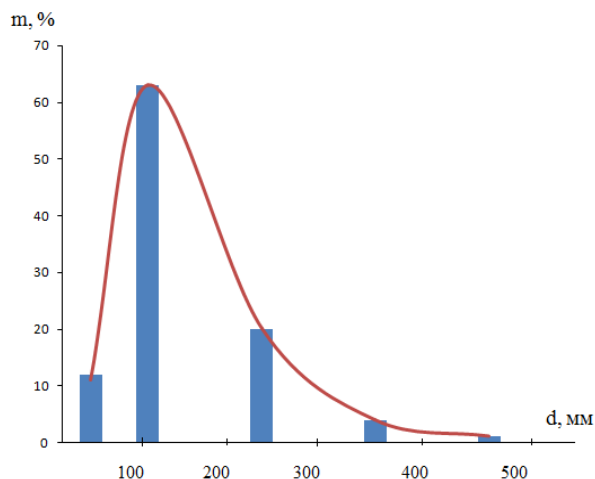


Рис. 3. Распределение массовой доли кусков (m) от их средним медианным диаметрам (d) в торосе

По массе льда в кернах основная часть материала приходится на куски с медианным диаметром $80 - 120$ мм, и она достигает 63% (рис. 3). Масса кусков с медианным диаметром $30 - 60$ мм не превышает 12%, а масса кусков медианным диаметром ~ 250 мм не превышает 20% общей массы.

На эти три фракции приходится до 95% массы от общей массы льда в торосе.

В соответствии с материальным балансом на снег в торосе в декабре – январе приходится примерно половина (49%) массы тороса. Средняя плотность снежной части материала тороса составляет $\sim 220 \text{ кг/м}^3$. Предположительно в процессе очистки и планирования заторощенных участков шнековой фрезой куски льда тороса будут измельчаться до размера кусков менее 120 мм и будут удаляться шнеком и метателем в общей массе измельченного материала.

Выполненное исследование позволяет сделать следующее заключение по составу и свойствам снежно-ледового материала в торосе:

- высота торосов может достигать 1,3–1,8 м;
- необходимый диаметр шнековой фрезы планировщика для обеспечения вырезки среднемассовой части тороса должен составлять 1000 мм;
- средняя плотность материала снежно-ледового образования в торосе составляет 514 кг/м^3 ;
- доля кусков льда в торосе с медианным диаметром до 90 мм, не требующая измельчения, составляет 54% от массы льда;
- в метатель будет поступать снежно-ледовый материал с максимальным размером кусков льда не более 120 мм в одном из трех измерений.

УДК 656.13

ЕВСТРАТОВА А.В., МАЛЫГИН А.Л.

ФОРМИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ УТИЛИЗАЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В НИЖЕГОРОДСКОМ РЕГИОНЕ

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

Автотранспортные средства (ТС), вышедшие из эксплуатации, являются сложными для утилизации отходами, представляющие значительную угрозу для окружающей среды.

Программы утилизации вышедших из эксплуатации автомобилей (авторециклинг) позволяют превратить эти отходы в источник формирования ресурсной базы производства металлов, стекла, пластика и ряда других материалов на основе вторичного сырья и снизить их негативное влияние на окружающую среду.

Схема современного авторециклинга включает в себя следующие стадии [1]:

- слив на мобильных установках топливно-смазочных материалов;
- разукomплектование автомобилей с предварительной сортировкой по видам агрегатов и материалов;
- измельчение на шредерных установках непригодных для повторного использования деталей автомобилей;
- очистка от пыли и грязи, сортировка по видам и маркам деталей из пластмасс и резины;
- брикетирование вторичных материалов (рис. 1).



Рис. 1. Брикетирование вторичной продукции

Система авторециклинга должна обеспечивать:

- формирование нормативно-правовой базы, регламентирующей деятельность всех участников данной системы;
- развитие инфраструктуры сбора, транспортировки и переработки изношенных деталей и автомобилей;
- механизмы финансирования затрат, связанных с утилизацией отслуживших автомобилей;
- систему требований к предприятиям, занимающимся утилизацией автомобилей;
- систему требований к разработчикам и производителям отечественных автомобилей
- и импортерам автомобилей зарубежного производства;
- систему контроля за выполнением положений федеральной концепции.

В настоящее время, вялотекущий процесс формирования системы утилизации автотранспортных средств в ближайших и отдаленных от Москвы и Московской области регионах России продолжается и динамика его развития будет зависеть от многих факторов и в первую очередь от дальнейшего восстановления экономической ситуации.

В процессе утилизации разного уровня переработки автоотходов участвуют предприятия оказывающие услуги только по вывозу транспортных средств в пункты переработки, предприятия, специализирующиеся по переработке ТС целиком и предприятия, занимающиеся разборкой и реализацией агрегатов и деталей, снятых с автомобиля.

Наибольшего энергосберегающего и экологического эффекта позволит достичь комплексное предприятие по глубокой утилизации автомобилей, вышедших из эксплуатации. Такое предприятие обеспечит развитую инфраструктуру сбора, транспортировки и переработки, изношенных деталей и автомобилей.

Следует учесть, что размещение крупного предприятия предоставляющего комплексные услуги по переработке на территории региона определяется большим набором факторов (плотность населения, транспортная доступность), а операционная деятельность является достаточно фондо- и ресурсоемкой (производственные затраты, стоимость аренды земельного участка, стоимость трудовых ресурсов).

Для первичной оценки и выбора месторасположения объекта, на основании данных о количестве автомобилей приходящихся на 1 тыс. чел. населения и проценте выбытия автотранспортных средств можно рассчитать количество автомобилей подлежащих утилизации для каждого населенного пункта и определить районы с наибольшей силой демографического тяготения.

В дальнейшем производится более точное позиционирование предприятия утилизации с учетом приведенных факторов [2].

В настоящее время в Нижегородском регионе организовано шесть центров утилизации старых ТС. В основном они располагаются в Нижнем Новгороде и Дзержинске на территориях приема металлического лома и вторсырья [3].

Информация о какой-либо производственно-технической инфраструктуре подобных предприятий в России отсутствует.

Очевидно, что при формировании объектов инфраструктуры утилизации автотранспортных средств в Нижегородском регионе, способной комплексно перерабатывать автомобили (включая резину, пластики, стекло), необходимо учитывать мировой опыт реализации программ утилизации ТС.

Библиографический список

1. Переработка автомобиля и автолома [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://metalspace.ru/>
2. **Кузнецова, Е.Ю.** Размещение предприятий утилизации автотранспорта в Уральском регионе / Е.Ю. Кузнецова [и др.] // Вестник СибАДИ- 2017. – Вып. 3 (55). – С. 81–86.
3. Пункты утилизации автомобилей в Нижнем Новгороде [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://programma-utilizacii-avtomobiley.ru/>

СИСТЕМА АДАПТИВНОГО РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

НГИЭУ, НГТУ им. Р. Е. Алексеева

Одна из крупных сфер экономики Российской Федерации – сельское хозяйство – приносит большую долю прибыли нашей стране. Организация аграрного сектора очень сложная и многогранная. Для обслуживания различных отраслей сельского хозяйства необходимо большое количество машин и агрегатов. В большой части все виды машин с/х эксплуатируются в основном с марта, апреля до ноября, то есть когда проходят все процессы сельскохозяйственного производства. Для этого периода свойствен высокая степень износа деталей и узлов машин.

Преимущественно сельскохозяйственная машина перемещается как по дорогам с естественным покрытием (полевая дорога, бездорожье), так и по проселочным дорогам с устаревшим дорожным покрытием. При взаимодействии колеса и опорной поверхности происходит отталкивание движителя от дороги с той же силой, с которой она давит на поверхность. Такое отталкивание происходит по причине наличия дефектов дороги (ямы, ухабы) и прочие неровности полотна.

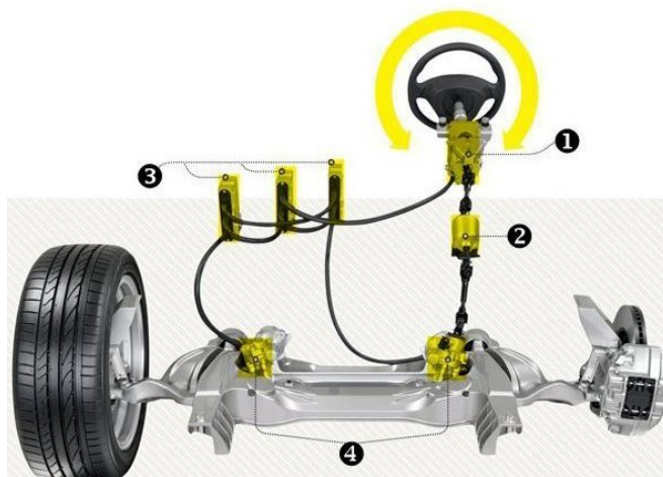


Рис. 1. Схема адаптивного рулевого управления:

1 – сервопривод рулевого колеса; 2 – электромагнитное сцепление;
3 – блоки обработки данных; 4 – сервоприводы колес

Данное взаимодействие оказывает свое влияние на подвеску и на рулевую систему транспортно-технологической машины. Цель данного исследования - предложение альтернативной системы рулевой системы взамен уже существующей конструкции. Существующая конструкция состоит из следующих элементов: рулевое колесо, рулевой вал, рулевая рейка, наконечники; толчок колеса от несущей поверхности передает силу удара от наконечника к рулевому колесу через всю систему, отчего возникает повышенный износ конструкции. На автомобилях Infinity (концерн Nissan) с 2013 года применяется система адаптивного рулевого управления, которая на 80% отказалась от прежней конструкции.

Как видно на рис. 1, ряд функций в системе выполняет электроника, которая не передает толчков по системе и не дает колесам смещаться с траектории движения, а значит не приходится постоянно подруливать, также не ощущается вибрации руля. Интеграция данной системы в с/х машины на управляющий мост или на оба моста значительно повысит маневренность всего транспорта и снизить эксплуатационные затраты на обслуживание техники.

ДВИЖЕНИЕ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СРЕДСТВА С РОТОРНО-ВИНТОВЫМ-ДВИЖИТЕЛЕМ В СЛОЖНЫХ ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЯХ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Наиболее вероятной предполагаемой рабочей зоной, в которой ожидается эксплуатация рассматриваемого транспортного средства, является заболоченная местность, которая занимает около 2 млн кв. км, что составляет примерно 12% от всей территории Российской Федерации.

В нашей стране накоплена значительная информация по физико-механическим свойствам слабых грунтов [1]. Также установлено, что под действием различных природных факторов, болотистый грунт принимает весьма сложное строение. Плотность отдельных слоев грунта (ρ) может изменяться от 1150 до 1950 кг/м³ в зависимости от состава и примесей.

В табл. 1 приведены основные параметры, используемые в данной работе, для создания математических моделей опорных оснований, наиболее близких по характеристикам к осушенному или уплотненному, маловлажному и грунту средней влажности [1].

Таблица 1

Основные численные значения параметров математической модели опорных оснований, близких по характеристикам к болотистому грунту

Параметр	Размерность	Тип опорного основания				Описание параметров математической модели грунта
		Осушенный /уплотненный грунт	Маловлажный грунт	Грунт средней влажности	Среднее значение	
$C(B)$	Н/м ² + μ	4805	2549	1569	2974	Коэффициент сопротивления сдвигу
ρ	кг/м ³	1950	1450	1150	1516	Плотность грунта
$\Phi_{Г}$	град	21	18	16	18,3	Угол внутреннего трения
q_H	Н/м ²	2045	1337	853	1411	Давление РВД на грунт
S_M	м	0,2	0,16	0,12	0,16	Максимальное значение сдвига грунта

На основании имеющихся данных были получены усредненные показатели численных значений параметров математической модели болотистого грунта и проведено моделирование движения исследуемого ТТС с РВД по опорному основанию с соответствующими характеристиками (табл. 2).

Таблица 2

Результаты моделирования движения ТТС с РВД по болотистому грунту, с усредненными параметрами

β , град.	h , м.	v , м/с.	β , град.	h , м.	v , м/с.
1	2	3	4	5	6
3	231	0,28	33	194	1,15
6	230	0,42	36	187	1,02

1	2	3	4	5	6
9	228	0,55	39	179	0,99
12	226	0,67	42	172	0,44
15	223	0,78	45	163	0
18	220	0,89	48	155	0
21	216	0,98	51	145	0
24	211	1,01	53	136	0
27	206	1,12	57	126	0
30	200	1,13	60	115	0

Максимальное значение V_{\max} в случае движения по болотистому грунту со средним значением достигается при значительно меньшем угле наклона лопасти (33°). Так, транспортная машина с углом подъема винтовой линии порядка $40-45^\circ$ и конструктивными параметрами, близкими к параметрам модели ТТС, из работы [4] показала бы высокую скорость при движении донному основанию с усредненными характеристиками испытала бы значительные затруднения при движении по болотистому грунту со средними характеристиками. При этом отметим, что конструктивно затруднительно обеспечить угол наклона винтовой лопасти РВД более 50° , можно сделать вывод, что целесообразно использование предлагаемой конструкции РВД при движении по грунтам с низкими значениями коэффициента сопротивления смятию, плотности грунта, угла внутреннего трения грунта и величины давления роторно-винтового движителя на грунт и высокими показателями нелинейности сопротивления смятию грунта, угла трения грунта с элементами движителя и максимального значения сдвига грунта.

Библиографический список

1. Методические рекомендации по сбору инженерно-геологической информации и использованию табличных геотехнических данных при проектировании земляного полотна автомобильных дорог // Москва, 1981. – С. 3–10.
2. Роторно-винтовые машины. Основы теории движения / И.О. Донато [и др.]. – Н. Новгород: НПК, 2000. – 451 с.
3. Разработка методики расчета и выбор рациональных параметров эластомеханического роторно-винтового движителя транспортно-технологического средства / К.Е. Бяков. – М., 2015. – 181 с.
4. **Щербаков, Ю.В.** Разработка методики расчета и выбора рациональных параметров движения подводного транспортно-технологического средства с роторно-винтовым движителем: дисс. ... канд. тех. наук. – Н.Новгород, 2000. – 167 с.

УДК 669

ЧЕРНЫШОВ Е.А., РОМАНОВ А.Д., РОМАНОВ И.Д.

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА КЕРАМИЧЕСКОЙ ФАЗЫ МЕТАЛЛОМАТРИЧНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ТОРМОЗНОГО ДИСКА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МОДЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время в технике заметно возрастает применение алюминиевых сплавов. Эта тенденция особенно заметна в автомобилестроении: она связана со стремлением снижения веса автомобилей, вместе с тем, уменьшением расхода горючего и дополнительными экономическими и экологическими эффектами. Так, для повышения энергоемкости дисково-колодочных тормозов автотранспортных средств создаются и внедряются новые материалы и совершенствуются методы расчета тормозных дисков с точки зрения их динамической и тепловой нагруженности. В ряде случаев для тормозных дисков успешно применяются дисперсно-упрочненные композиционные материалы (ДУКМ) на основе алюминия, так как при этом введение армирующих частиц в алюминиевые сплавы приводит к повышению их изно-

состойкости. Высокая износостойчивость и теплопроводность ДУКМ позволяют уменьшить вес изделия на 50–60% по сравнению со стальными или чугунными.

В работе [1] испытывались новые алюминиевые антифрикционные сплавы с комплексным легированием, даны рекомендации по оптимальному содержанию легирующих элементов для обеспечения антифрикционности сплавов на основе алюминия.

В настоящей работе проведен предварительный поиск оптимального состава системы Al-Al₂O₃ для применения в дисковом тормозе автомобиля. На рис. 1 показан микроструктура полученных образцов. На рис. 2 показана микроструктура образцов аналогов [2].

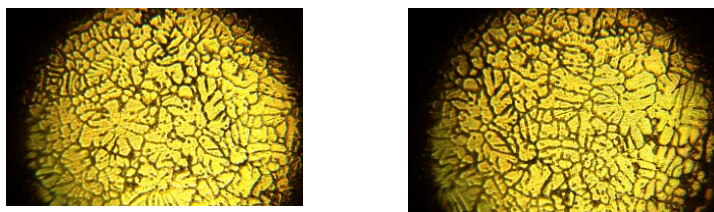


Рис. 1. Пример микроструктуры полученного ДУКМ

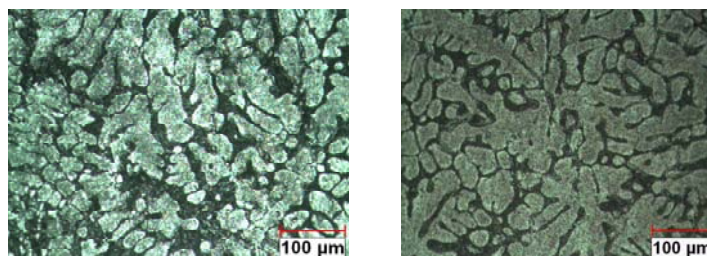


Рис. 2. Пример микроструктуры образца аналога ДУКМ на основе сплава А356

Были проведены испытания образцов из сплавов с различной степенью насыщения по схеме трения «двух скрещенных цилиндров» с контртелом из стали 40Х. Испытания показали увеличение стойкости к истиранию не менее чем в четыре раза. Дальнейшие испытания стойкость к истиранию образцов по схеме «цилиндр-тормозная колодка» показали, рост насыщения частицами Al₂O₃, свыше 30%, в условиях высокоскоростного трения не эффективен так как происходит расплавление алюминия в пространстве между частицами и разрушению образца (на рис. 3 образцы 1-3).



Рис. 3. Образцы после испытания по схеме «цилиндр-тормозная колодка»

Низкое содержание (образцы 6-8) также приводит к разрушению образцов, но в данном случае образцы прогреваются, частично оплавляются и оседают под нагрузкой.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (уникальный идентификатор проекта RFMEFI57717X0268).

Библиографический список

1. **Миронов, А.Е.** Взаимосвязь триботехнических свойств опытных алюминиевых сплавов с их химическим составом А.Е.Миронов [и др.] // Трение и износ. – 2017. – Т. 38. – № 2. – С. 67–72.
2. Nanumanthe Gowdaa, P. Rajendra Prasadb Evaluation of Wear and Corrosion Resistance of A356 Alloy Based Hybrid Composite at Different Aging Conditions // International Journal of Materials Science Volume 11, Number 1 (2016). – P. 57–69.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОБРУШЕНИЯ СТенок РВА НА НЕОДНОРОДНОМ ГРУНТЕ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева

В работах [1, 2] приводится математическая модель обрушения стенок рва однородном грунте. Однако зависимости, приведенные в данной работе справедливы только для специально подготовленных рвов вырытых однородном грунте типа песка. На практике это маловероятно. Общим случаем является ров на неоднородном грунте.

На рис. 1 показана схема участка рва имеющего верхний слой дерна и реальный ров поле проезда шасси с колесной формулой бхб «Корсак».



Рис. 1. Схема обрушение стенки реального рва на неоднородном грунте

В соответствии с расчетами авторов исследования величина уширения рва может быть рассчитана по зависимости:

$$a_p L_{\gamma i}^2 + b_p L_{\gamma i} + c_p = 0,$$

$$a_p = c \xi \frac{\cos(\gamma + (i-1)\varphi) \cos(\gamma + i\varphi)}{\sin \varphi},$$

$$b_p = cB \frac{\cos(\gamma + (i-1)\varphi)}{\sin \varphi} + 2c_d h_d \xi,$$

$$c_p = G_{ki} [\sin(\gamma + i\varphi) \tan \varphi - \cos(\gamma + i\varphi)] + c_d h_d B,$$

$$L_{\gamma i} = \frac{-b_p + \sqrt{b_p^2 - 4a_p c_p}}{2a_p}$$

Библиографический список

1. Папунин, А.В. Расчет ширины преодолеваемого рва многоосной колесной машиной / Папунин А.В., Беляков В.В., Макаров В.С. / Инновации и перспективы развития горного машиностроения и электро-механики: IPDME-2018: Сборник тезисов / Санкт-Петербургский горный университет, СПб, 2018, С. 35
2. Papunin, A.V. A dynamic model of unsupported pit traversal by a vehicle with 6x6 wheel arrangement / Papunin A.V., Belyakov V.V., Makarov V.S., Anikin A.A., Vahidov U.Sh. // Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2018

ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРЕОДОЛЕНИЯ РВА МНОГООСНОЙ КОЛЕСНОЙ МАШИНОЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В работах [1, 2] приводится математическая модель обрушения стенок рва и модель преодоления разрушаемого рва исследовательским шасси с колесной формулой бхб «Корсак» [3]. Схема к преодолению критического значения ширины рва показана на рис. 1.

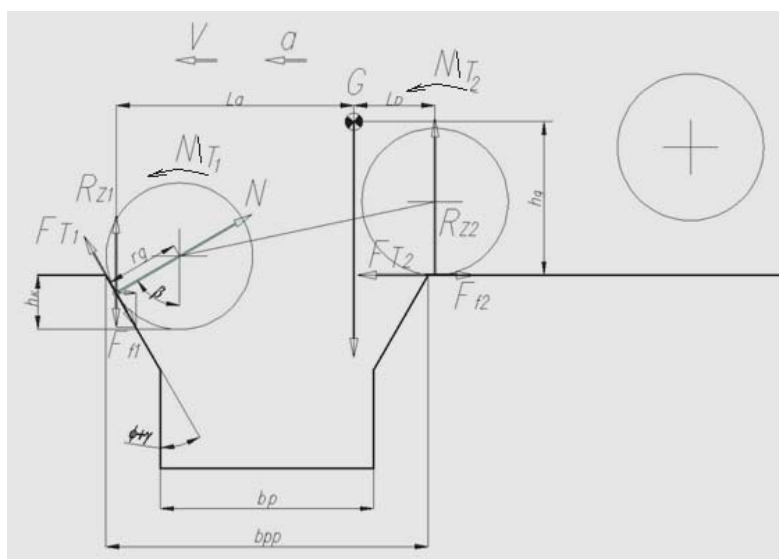


Рис. 1. Схема к расчету критического значения ширины разрушаемого рва

Расчет клевка машины вперед производится в соответствии с уравнением вращательного движения. В общем случае он будет определяться из выражения:

$$J\varepsilon = G_a l_b - F_w h_w - F_{кр} h_{кр} - m_a a h_g, \quad (1)$$

где J – момент инерции шасси, ε – вращательное ускорение, G_a – вес машины, l_b – плечо действия силы, $l_b = l_2 \cos \alpha$, l_2 – расстояние от центра масс до 2-й оси шасси, α – угол клевка машины, F_w – сила сопротивления воздуха, h_w – высота центра парусности, $F_{кр}$ – сила сопротивления от крюковой нагрузки, $h_{кр}$ – высота приложения крюковой нагрузки, m_a – масса машины, a – ускорение шасси, h_g – высота центра масс.

В случае установившегося движения с небольшой скоростью и при том, что значения клевка машины невелики можно принять, что:

$$\varepsilon = \frac{G_a l_2}{J}. \quad (2)$$

Величину клевка можно определить в зависимости от ширины рва: она будет определяться в соответствии с уравнением движения.

$$\alpha = \alpha_0 + \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2}, \quad (3)$$

где α_0 – начальный угол, $\alpha_0 = 0$, ω_0 – начальная угловая скорость, $\omega_0 = 0$, t – время движения через ров до контакта со стенкой, $t = \frac{S}{V}$, S – ширина рва от разрушенного уступа, до контакта со стенкой.

Таким образом, величина клевка может быть рассчитана по зависимости:

$$h_k = (l_1 + l_2) \sin \alpha, \quad (4)$$

где l_1 – расстояние от центра масс до 1-й оси шасси.

Рассмотрим взаимосвязь параметров в соответствие со схемой на рис. 1.

$$G_a = R_{z1} + R_{z2}, \quad (5)$$

$$\frac{R_{z1}}{R_{z2}} = \frac{l_a}{l_b}, \quad (6)$$

$$l_a = l_1 \cos \alpha + r_d \sin \beta, \quad (7)$$

где r_d – динамический радиус колеса.

Угол β будет определяться исходя из зависимости:

$$\beta = \min[90 - (\varphi + \gamma); \arccos(1 - h_k r_d^{-1})], \quad (8)$$

где φ – угол внутреннего трения грунта, γ – угол откоса стенки рва.

Для оценки возможности движения, рассмотрим уравнения движения шасси. Спроецируем силы на оси OX, OY и рассмотрим равенство моментов относительно точки контакта первого колеса со стенкой рва.

$$\begin{aligned} X: F_{T_1} \cos \beta - F_{f_1} \cos \beta - N \sin \beta + F_{T_2} - F_{f_2} - F_w - F_{кр} &= m \frac{dV}{dt} \\ Y: F_{T_1} \sin \beta - F_{f_1} \sin \beta + N \cos \beta + R_{z_2} - G_a &= 0 \\ M: -G_a l_a + R_{z_2} (l_a + l_b) + (F_{T_2} - F_{f_2}) (h_k - (r_d - r_d \cos \beta)) + \\ + m a (h_g - (r_d - r_d \cos \beta)) - F_w (h_w - (r_d - r_d \cos \beta)) + M_T &= J \frac{d\omega}{dt} \end{aligned} \quad (9)$$

где F_{T_i} – реализуемая сила тяги на колесах i -ой оси, F_{f_i} – сила сопротивления качения на колесах i -ой оси, в расчетах можно принять F_{f_i} , что $F_{f_i} = f N_i$, N – нормальная реакция на колесо, f – сопротивление качения колеса по грунтовой поверхности; в рассматриваемых условиях в соответствии с $f = 0,02 - 0,05$, M_T – суммарный тяговый момент, подводимый к колесам шасси.

Максимальная ширина преодолеваемого рва будет, если сила тяги на колесах машины не менее силы сцепления. Таким образом, сила тяги может быть рассчитана по зависимости:

$$F_T = F_{T_{ш}} + F_{T_{г}}, \quad (10)$$

где $F_{T_{ш}}$ – сила тяги по сцеплению от трения материала шины по грунту; $F_{T_{г}}$ – сила тяги по сцеплению от внутреннего трения материала грунта.

$F_{T_{ш}}$ может быть рассчитана по упрощенной зависимости:

$$F_{T_{ш}} = \varphi_p N k_n, \quad (11)$$

где φ_p – коэффициент трения резины по грунту; в рассматриваемых условиях в соответствии с [6] $\varphi_p = 0,5 - 0,8$, k_n – коэффициент насыщенности протектора, для шасси исследуемых в данной работе $k_n = 0,4 - 0,6$.

$$F_{T_{г}} = (cA + N_i \operatorname{tg} \varphi) (1 - k_n), \quad (12)$$

где c – коэффициент связности грунта и φ – угол внутреннего трения грунта, A – площадь контакта колеса с опорной поверхностью.

Таким образом используя формулы (1) – (12) можно рассчитать максимальную преодолеваемую ширину разрушаемого рва машиной с колесной формулой 6х6.

Библиографический список

1. Папунин, А.В. Расчет ширины преодолеваемого рва многоосной колесной машиной / Папунин А.В., Беляков В.В., Макаров В.С. / Инновации и перспективы развития горного машиностроения и электро-механики: IPDME-2018: Сборник тезисов / Санкт-Петербургский горный университет; СПб., 2018. – С. 35
2. Papunin, A.V. A dynamic model of unsupported pit traversal by a vehicle with 6x6 wheel arrangement / Papunin A.V., Belyakov V.V., Makarov V.S., Anikin A.A., Vahidov U.Sh. // Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2018.
3. Зезюлин, Д.В. Транспортное средство "КОРСАК" для обслуживания линейных объектов / Зезюлин Д.В., Макаров В.С., Федоренко А.В., Беляев А.М., Беляков В.В. // Труды НГТУ – Н.Новгород, 2014. №4(106). – С. 336-341.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРУШЕНИЯ СТЕНОК РВА ШАССИ С КОЛЕСНОЙ ФОРМУЛОЙ 6Х6 ПОЛНОЙ МАССОЙ 750

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В соответствии с математическими моделями из работ [1, 2] было проанализировано обрушение стенок рва шасси с колесной формулой 6х6 «Корсак» [3].

На рис. 1 приведены данные по обрушению стенок рва при преодолении рва состоящего из «грунта-2» ($\rho = 1,7$, $E = 25$ МПа, $\varphi = 17^\circ$, $c = 18$ кПа), на рис. 2 показано влияние дерна (в процентном отношении) на обрушение стенок рва. На рис. 3 и рис. 4 даны данные о влиянии массы машины и ширины колеса на исследуемый параметр.

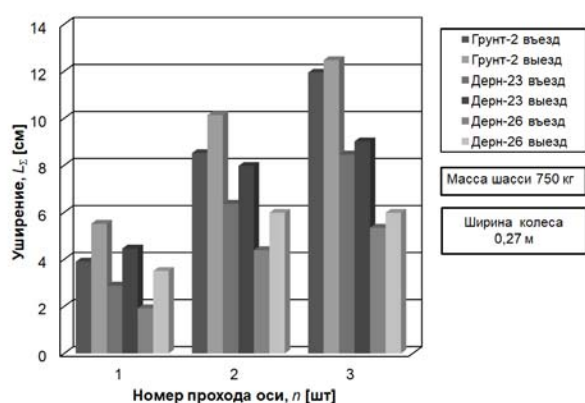


Рис. 1. Диаграмма уширения стенок рва в зависимости от номера прохода колеса оси и наличия дерна

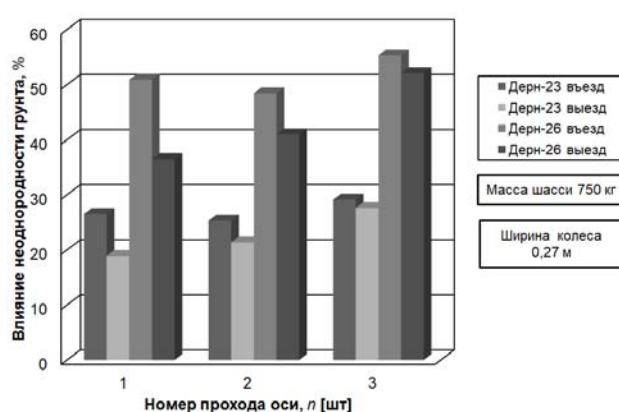


Рис. 2. Влияние дерна (в процентном отношении) на обрушение стенок рва в зависимости от номера прохода колеса оси

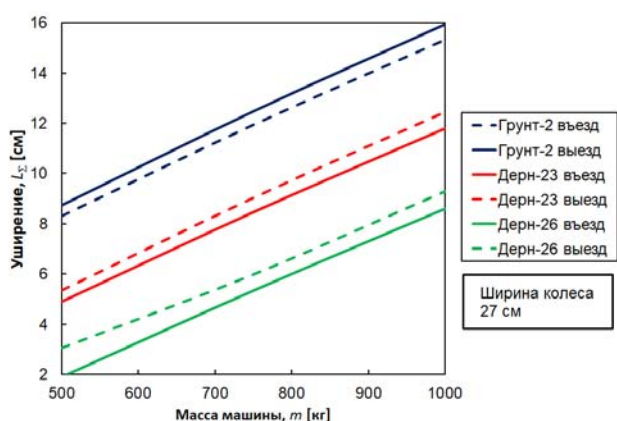


Рис. 3. Графики изменения уширения рва в зависимости от массы шасси

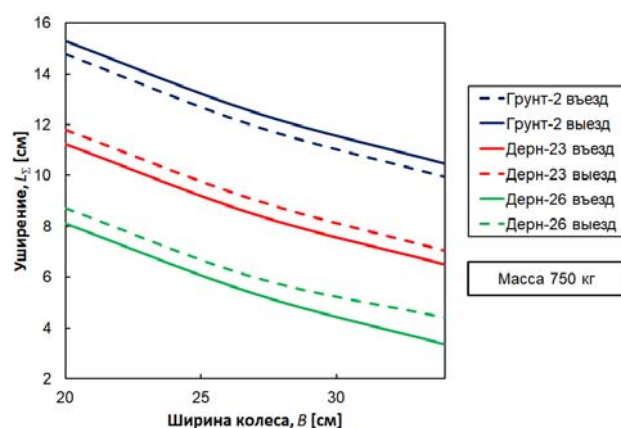


Рис. 4. Графики изменения уширения рва в зависимости от ширины колеса

В результате были получены следующие данные: обрушение стенок рва для базового варианта шасси составляет до 12 см, наличие дерна уменьшает обрушение до 28% при дерне толщиной 3 см и до 54% при дерне 6 см. Уменьшение массы машины до 500 кг уменьшает ширину обрушения до 8-9 см, увеличение массы до 1000 кг - увеличивает обрушение до 15-16 см. Уменьшение ширины колеса до 0,2 м увеличивает обрушение до 15 см, увеличение до 0,35 м уменьшает до 11 см.

Библиографический список

1. Папунин, А.В. Расчет ширины преодолеваемого рва многоосной колесной машиной / Папунин А.В., Беляков В.В., Макаров В.С. / Инновации и перспективы развития горного машиностроения и электро-механики: IPDME-2018: сб. тезисов / Санкт-Петербургский горный университет, СПб, 2018. – С. 35
2. Papunin, A.V. A dynamic model of unsupported pit traversal by a vehicle with 6x6 wheel arrangement / Papunin A.V., Belyakov V.V., Makarov V.S., Anikin A.A., Vahidov U.Sh. // Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2018.
3. Зезюлин, Д.В. Транспортное средство "КОРСАК" для обслуживания линейных объектов/ Зезюлин Д.В., Макаров В.С., Федоренко А.В., Беляев А.М., Беляков В.В. // Труды НГТУ. – Н.Новгород, 2014. – №4(106). – С. 336–341.

УДК 629.365

ПАПУНИН А.В., БЕЛЯКОВ В.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕОДОЛЕНИЯ РВА ШАССИ С КОЛЕСНОЙ ФОРМУЛОЙ 6Х6 ПОЛНОЙ МАССОЙ 750 КГ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

В соответствии с математическими моделями из работ [1, 2] было проанализировано преодоления рва шасси с колесной формулой 6х6 «Корсак» [3].

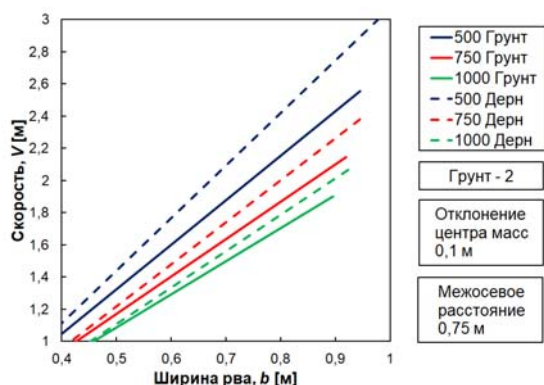


Рис. 1. Графики изменения соотношения предельной ширины рва и скорости его преодоления для разных масс шасси

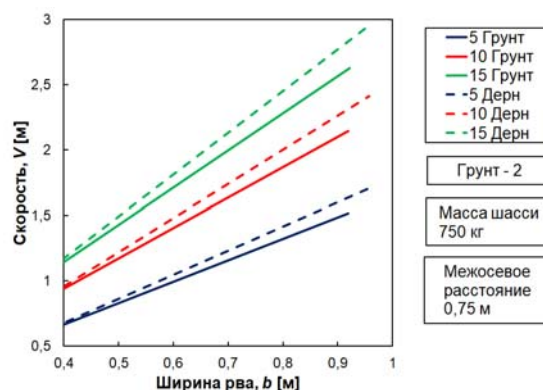


Рис. 2. Графики изменения соотношения предельной ширины рва и скорости его преодоления для разных положений центра масс шасси

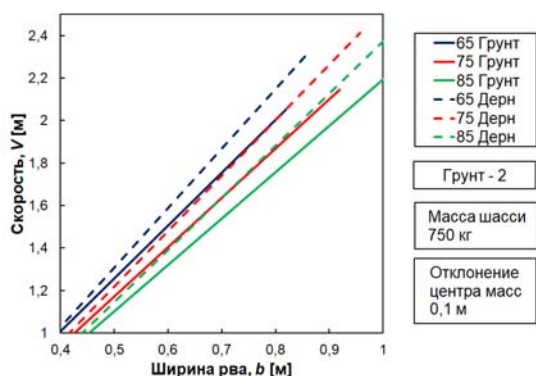


Рис. 3. Графики изменения соотношения предельной ширины рва и скорости его преодоления для разных межосевых расстояний шасси

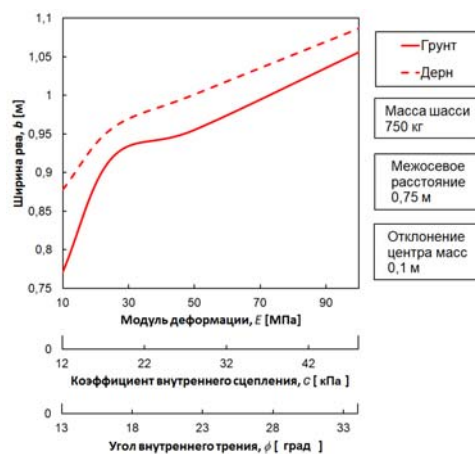


Рис. 4. Графики изменения предельной ширины рва преодолеваемой машиной в зависимости от модуля деформации грунта, коэффициента внутреннего сцепления, угла внутреннего трения

Анализ графиков 1-4, а также приведенных расчетов для других параметров грунта показал, что для шасси с колесной формулой 6х6, полной массой 750 кг, колесами с шинами 25” и расстоянием между осями 0,75 м, отклонение положения центра масс от средней оси 0,1 м, предельные значения преодолеваемого рва составляют порядка 0,77-1,06 м, при этом меньшие значения соответствуют грунту с меньшей несущей способностью, а большие с большей. В целом наличие дерна влияет положительно на проходимость, величина преодолеваемого рва при дерне толщиной 3 см увеличивается на 3-14% в базовом варианте шасси. Уменьшение массы базового варианта шасси на 250 кг увеличивает преодолеваемый ров на 1-9%, увеличение на 250 кг – уменьшает на 1-4% (большие значения соответствуют с меньшей несущей способностью). Смещение положения центра масс шасси в сторону передней оси на 5 см уменьшает допустимую скорость преодоления рва до 31%, смещение в обратную сторону на 5 см – увеличивает скорость до 29%. Изменение расстоянием между осями изменяет значение преодолеваемого рва на величину близкую данному изменению.

Библиографический список

1. **Папунин, А.В.** Расчет ширины преодолеваемого рва многоосной колесной машиной / Папунин А.В., Беляков В.В., Макаров В.С. / Инновации и перспективы развития горного машиностроения и электро-механики: IPDME-2018: сб. тезисов / Санкт-Петербургский горный университет, СПб, 2018. –С. 35.
2. **Papunin, A.V.** A dynamic model of unsupported pit traversal by a vehicle with 6x6 wheel arrangement / Papunin A.V., Belyakov V.V., Makarov V.S. , Anikin A.A., Vahidov U.Sh. // Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2018.
3. **Зезюлин, Д.В.** Транспортное средство "КОРСАК" для обслуживания линейных объектов / Зезюлин Д.В., Макаров В.С., Федоренко А.В., Беляев А.М., Беляков В.В. // Труды НГТУ. – Н.Новгород, 2014. – №4(106). – С. 336–341.

УДК 621.43

ГОНЧАРОВА Д.А.¹, КУЗЬМИН Н.А.¹, КОШЕЛЕВ Ю.В.²

УСТАЛОСТЬ МЕТАЛЛОВ КАК БАЗОВЫЙ ПРОЦЕСС ИЗМЕНЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева¹,
ЗАО «Автокомплекс»²

К базовым процессам изменения технического состояния конструктивных элементов и автомобилей в целом следует отнести: изнашивание поверхностей деталей; пластические деформации и прочностные разрушения деталей; остаточные деформации, коррозию металлов; старение конструктивных и эксплуатационных материалов. В ряду этих процессов и усталость металлов конструктивных элементов автомобилей [1].

Разрушение материалов под действием динамических нагрузок циклически изменяющихся по времени (циклические напряжения) относят к усталостным, а процесс постепенного накопления повреждений в материале под действием циклических напряжений, приводящий к образованию и развитию микротрещин и разрушению, называется усталостью материала [1, 2].

Способность материала противостоять усталостному разрушению называется *выносливостью*, которая оценивается пределом выносливости (пределом усталости) σ_R – значение максимального напряжения цикла нагружения силовыми воздействиями с произвольной асимметрией R , соответствующая заданной долговечности или базовому числу циклов нагружения (для симметричного цикла $\sigma_R = \sigma_{-1}$).

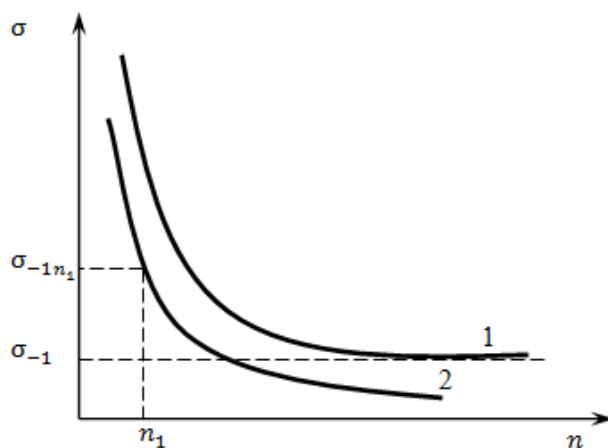


Рис. 1. Кривые усталости металлов автомобилей:
1 - для черных металлов (сталь, чугун); 2 - для цветных металлов

Основной характеристикой выносливости материала является получаемая экспериментальным путем диаграмма усталости (кривая Вёлера), которая показывает зависимость количества циклов n , выдерживаемых образцом до разрушения, от величины напряжения (σ_{-1n_1} – максимальное напряжение цикла, при котором образец разрушится, выдержав n_1 циклов), что показано на рис. 1 [3].

К мерам повышения усталостной прочности деталей автомобиля относятся:

- выбор материала с возможно более высоким пределом прочности, при достаточной пластичности, что обеспечивает высокий предел выносливости. Причем материал должен иметь однородную, мелкозернистую структуру, не иметь внутренних пороков в виде трещин, газовых пузырьков и неметаллических включений. При этом в нем должны отсутствовать остаточные напряжения (например, закалочные);
- грамотное, культурное проектирование внешних очертаний детали с тщательной обработкой её поверхности (плавное очертание переходов, выемок, надрезов, галтелей), что ведет к снижению концентрации напряжений.

Наличие на поверхности детали царапин, риск от резца существенно снижает предел выносливости, а чистота (шлифование, полировка) поверхности и поверхностное упрочнение детали путем цементации, азотирования, обработки токами высокой частоты, обкатка роликами и обдужка дробью и т.д. повышают предел выносливости детали.

Знание и учёт процесса усталости конструкционных материалов автомобилей позволяют создавать наиболее надёжные их конструкции. Это крайне важно учитывать и при ремонтных воздействиях в период технической эксплуатации автомобилей [4].

Библиографический список

1. **Кузьмин, Н.А.** Теория эксплуатационных свойств автомобилей: учеб. пособие / Н.А. Кузьмин, В.И. Песков. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2013. – 272 с.
2. **Кузьмин, Н.А.** Разработка научных основ обеспечения работоспособности теплонагруженных деталей автомобильных двигателей: дис... д-ра техн. наук. / Н.А. Кузьмин – Н. Новгород: НГТУ, 2006.
3. **Кузьмин, Н.А.** Проблемы надёжности трансмиссий городских автобусов / Н.А. Кузьмин, А.Д. Кустиков // Автотранспортное предприятие, 2013. – №8. – С. 39-42.
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 629.113

ЗАХАРОВ Н.А., ФЕДОРОВА Е.А., БЕЛОВ А.А.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

На современном этапе главной задачей социально-экономического развития регионов считается обеспечение экономического роста как основы увеличения уровня и качества жизни жителей. Одним из основных условий формирования становится результативное функционирование производственной инфраструктуры, представляющей собой совокупность взаимосвязанных сфер, призванных формировать и обеспечивать условия функционирования производства и качественную жизнедеятельность населения. В жизни современного города значимой составляющей является пассажирский транспорт, главной задачей которого считается обеспечение потребности населения в перевозках. Транспортная мобильность населения и средняя дальность их поездок увеличивается по мере увеличения численности и городской территории.

Одной из главных проблем муниципального общественного транспорта является большая изношенность и недостаточные темпы обновления подвижного состава. Как результат износа подвижного состава – понижается уровень технической надёжности и безопасности пассажирского транспорта, увеличивается поток сходов с линии по техническим неисправностям. Пассажирские перевозки маршрутными такси, несмотря на позитивные стороны этого вида пассажирского транспорта, такие как высокая скорость доставки, широкий охват транспортной сети города, обладают рядом отрицательных качеств. В процессе движения

водители маршрутных такси совершают перестроений из полосы в полосу на 65% больше, чем водители общественного пассажирского автотранспорта. Недостаток оборудованных для маршрутных такси остановок и присутствия остановок вне плана зачастую приводит к росту аварийной обстановки на проезжей части из-за внезапного торможения после разгона и нарушения рядности движения.

Увеличение задержек при перевозках пассажиров ведёт к резкому повышению потерь свободного времени населения, снижению качества его жизни, что порождает социальную напряжённость. На сегодняшний день в больших российских населенных пунктах участники дорожного движения теряют в течение суток от 30 до 60 мин своего времени из-за невысоких скоростей движения и простоев в случае появления транспортных заторов. По причине значительной загруженности участков дорожной сети, скорости социального пассажирского транспорта на сегодняшний день на 15-20% ниже рекомендованных нормативами. Интервалы движения наземного пассажирского транспорта в часы «пик» из-за заторов на 65% маршрутов выше 15 мин.

В целом можно отметить два уровня транспортных проблем: муниципальный и областной. На муниципальном уровне проблема состоит в перегруженности дорожных сетей автотранспортом, невысоком качестве работы муниципального пассажирского транспорта, преобладании маршрутных такси. На областном уровне наиболее значимыми становятся проблемы дорожно-транспортного сообщения и изнашивание транспортных средств.

Если рассматривать ситуации, сложившиеся в крупных городах, то их решение возможно только при осуществлении целого комплекса мероприятий. В первую очередь это сопряжено с потребностью улучшения нормативно-законодательной базы, которая в настоящий период в значительной степени является тормозом развития транспортного комплекса. К числу других организационно-технических мероприятий можно отнести реорганизацию и формирование улично-дорожной сети, предоставление приоритета движения социального транспорта, строительство дополнительных транспортных обходов населенных пунктов для движения легкового и грузового транспорта.

УДК 621.4

КОШЕЛЕВ Ю.В.¹, КУЗЬМИН Н.А.², БЕЛОВ Д.Л.³

УЧЁТ ВАРИАЦИИ РЕСУРСА ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ ПРИ РАСЧЁТЕ ИХ ПОТРЕБНОСТИ И РАСХОДА

ЗАО «Автокомплекс»¹,
Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева²,
ООО «Параллель»³

Нормы расхода запасных частей и материалов разрабатываются для планирования их производства, определения объёма заказа и затрат на запасные части для конкретного автотранспортного предприятия, объединения, отрасли и т. д.

На практике применяются укрупнённые и номенклатурные нормы запасных частей и материалов. Укрупнённые нормы затрат на запасные части и материалы (стоимостные нормы запасных частей) служат для планирования технических обслуживаний (ТО) и ремонтов автомобилей: суммарные на эксплуатацию и ремонт в рублях на год эксплуатации; отдельно на ТО и ремонт в рублях на 1000 км пробега (руб./1000 км). В среднем в расходах по текущему ремонту (ТР) на запасные части приходится около 40%, на материалы – около 15%. Номенклатурная норма устанавливает средний расход запасных частей (по каждой детали) в штуках на 100 автомобилей в год [1].

В общем случае норма расхода запасных частей H определяется с использованием ведущей функции потока отказов (замен) Ω соответствующей детали за определенный период эксплуатации t [2, 3]

$$H = \frac{\Omega(t)}{t} 100. \quad (1)$$

Для оценки фактического расхода и расчета номенклатурных норм запасных частей и материалов на практике применяются два основных метода [2,4]:

– по ресурсу до первой замены:

$$H_I = \frac{100L_{\Gamma}}{\eta L_1}, \quad (2)$$

где L_{Γ} – годовой пробег автомобиля; L_1 – ресурс до первой замены (восстановления); η – коэффициент полноты восстановления ресурса;

– по числу замен детали за срок службы t_a автомобиля:

$$H_{II} = \frac{100}{\eta} \left(\frac{L_{\Gamma}}{L_1} - \frac{1}{t_a} \right). \quad (3)$$

Единицей измерения расчетов по этим и предложенному ниже методам является количество деталей на 100 автомобилей в год.

Следует отметить, что существующие формулы (2) и (3) не учитывают то обстоятельство, что все запасные части, даже от одного изготовителя, имеют разный реальный ресурс. К тому же производителей конкретных запасных частей, как правило, много. Увеличение вариации ресурса деталей однотипных автомобилей в автопредприятии объективно должен повышать норму расхода запасных частей [5]. То же происходит при увеличении интенсивности эксплуатации (т.е. годового пробега), а значит снижения срока службы автомобиля. Расход запасных частей также возрастает при сокращении их ресурса после восстановления, т.е. при снижении η . Таким образом, можно предложить уточненную формулу расчёта потребного количества запасных частей, что по аналогии можно назвать соответствующим третьим методом:

$$H_{III} = \left[\frac{L_{\Gamma} t_a - L_1}{\eta L_1} + 0,5 \left(\frac{v^2}{\eta} + 1 \right) \right] \frac{100}{t_a}, \quad (4)$$

где v – коэффициент вариации ресурса запасных частей.

Расход запасных частей существенно зависит также от условий эксплуатации автомобилей и после расчётов по выше указанным методам должен быть скорректирован, согласно табл. 1, в зависимости от категории условий эксплуатации автомобилей конкретного парка [2, 3].

Таблица 1

Влияние условий эксплуатации на расход запасных частей

Категория условий эксплуатации	Расход запасных частей, %	
	Автомобиль	Двигатель
I	100 (условно)	100 (условно)
II	110	110
III	125	140
IV	140	165
V	165	200

Таким образом, для определения норм расходов запасных частей необходимы сведения по надежности деталей, интенсивности эксплуатации и сроку службы до списания. Использование знаний теории надежности автомобилей позволяет производить более точный прогноз потребности в запасных частях и материалах на автомобильном транспорте [5].

Библиографический список

1. **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.

2. Кузьмин, Н.А. Техническая эксплуатация автомобилей: нормирование и управление: учебное пособие / Н.А. Кузьмин. – М.: ФОРУМ, 2011. – 224 с.
3. Кузьмин, Н.А. Разработка научных основ обеспечения работоспособности теплонагруженных деталей автомобильных двигателей: дисс...д-ра техн. наук. / Н.А. Кузьмин. – Н.Новгород: НГТУ, 2006.
4. Кузьмин, Н.А. Теория эксплуатационных свойств автомобилей: учеб. пособие / Н.А. Кузьмин, В.И. Песков. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2013. – 272 с.
5. Кузьмин, Н.А. Проблемы надёжности трансмиссий городских автобусов / Н.А. Кузьмин, А.Д. Кустиков // Автотранспортное предприятие. – 2013. – №8. – С. 39–42.

УДК 621.43

КУЗЬМИН А.Н., МОЛЕВ Ю.И., ВАХИДОВ У.Ш.

ПОЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ СОСТАВЛЯЮЩИХ ТОПЛИВНОГО БАЛАНСА АВТОМОБИЛЕЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексева

Общеизвестным является выражение для топливного баланса автомобиля [1, 2]:

$$Q_{\Sigma} = Q_{ДВ} + Q_{ТР} + Q_f + Q_W + Q_{\gamma} + Q_{\alpha}, \quad (1)$$

где Q_{Σ} – суммарный расход топлива на движение автомобиля; $Q_{ДВ}$ – на преодоление механических, тепловых и насосных потерь в двигателе; $Q_{ТР}$ – на преодоление механических потерь в трансмиссии; Q_f – на преодоление сопротивления качению; Q_W – на преодоление аэродинамического сопротивления; Q_{γ} – на преодоление сил инерции автомобиля; Q_{α} – на преодоление уклонов (подъемов) дороги.

На рис. 1 для примера приведен топливный баланс легкового автомобиля ГАЗ-31105 в сетке координат «расход топлива – скорость движения» [3].

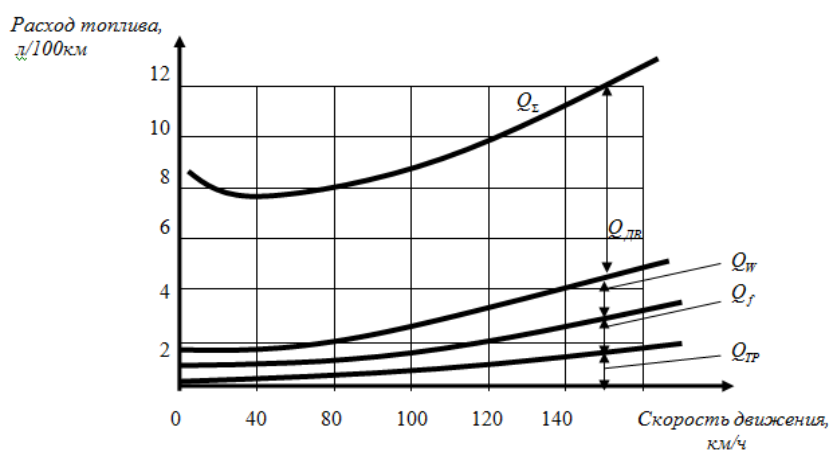


Рис. 1. Топливный баланс автомобиля ГАЗ-31105 при равномерном движении по ровной шоссейной дороге

При равномерном движении грузового автомобиля КамАЗ-5320 по горизонтальной шоссейной дороге со скоростью 60 км/ч доли основных составляющих топливного баланса примерно такие же, как и для легкового автомобиля: $Q_{ДВ} = 58\%$, $Q_f = 18\%$, $Q_W = 14\%$, $Q_{ТР} = 10\%$ [4]. Распределение составляющих топливного баланса существенно изменяется при неравномерном движении автомобилей. Так при его движении в городских условиях от всех видов затрат, связанных с сопротивлением движению автомобиля, 55% приходится на ускорение и замедление (преодоление сил инерции покоя и инерции движения), 32% – на сопротивление качению и 13% – на аэродинамическое сопротивление [4]. Это характерно

для всех типов автомобилей, естественно, при близких, но отличных от указанных величин процентов.

В связи с этим чётко прослеживается необходимость разными способами снижать процентный вес режимов преодоления сил инерции покоя и инерции (разгоны и торможения) при движении автомобиля [5,6]. К эксплуатационным составляющим топливного баланса помимо Q_γ относятся ещё Q_α – потери на преодоление уклонов. Их можно минимизировать путем выбора маршрутов движения автотранспортных средств [4, 6]. Также эксплуатационной следует считать составляющую потерь на преодоления сил сопротивления качению автомобиля Q_f .

Коэффициент сопротивления качению является исключительно характеристикой автомобильной дороги и, как это на первый взгляд не парадоксально, не зависит от типа транспортного средства (при условии обеспечения номинального давления воздуха в шинах). Данные топливные потери также можно минимизировать при выборе маршрутов движения. Каждая автомобильная дорога имеет технический паспорт, в котором указывается значение коэффициента сопротивления качению. Всё это в равной степени относится и к наименее изученной составляющей топливного баланса автомобиля Q_α – потерям на преодоление уклонов (подъемов) дороги.

Прочие составляющие топливного баланса целиком конструкционные. Механические, тепловые, насосные потери в двигателе ($Q_{дв}$), механические потери в трансмиссии ($Q_{тр}$), потери на преодоления сопротивления воздуха при движении (Q_w) должны быть минимизированы при проектировании и производстве автомобилей [4, 6].

Библиографический список

1. Кузьмин, Н.А. Техническая эксплуатация автомобилей: нормирование и управление: учеб. пособие / Н.А. Кузьмин. – М.: ФОРУМ, 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. Ильянов // Транспортные системы. – 2017. – №3(6). – С. 32-36.
3. Кузьмин, Н.А. Разработка научных основ обеспечения работоспособности теплонагруженных деталей автомобильных двигателей: дисс... д-ра техн. наук. / Н.А. Кузьмин – Н. Новгород: НГТУ, 2006.
4. Плеханов, Д.К. Стратегии диспетчерского управления работой грузовых автомобилей при массовых перевозках / Д.К. Плеханов, Н.А. Кузьмин // Автотранспортное предприятие. – 2009. – №12. – С. 40-41.
5. Кузьмин, Н.А. Теория эксплуатационных свойств автомобилей: учеб. пособие / Н.А. Кузьмин, В.И. Песков. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2013. – 272 с.
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.

УДК 629.113

КУЛАГИН А.Л., АКСЕНОВА В.А., БЕРДНИКОВ И.Е.,
СЛУЗОВ А.П., ГОНЧАРОВ К.О.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПОДДЕРЖАНИЯ РАЗРЯЖЕНИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ УСТАНОВКИ ВАКУУМНОЙ ИНФУЗИИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Система релейных элементов для автоматизации процесса поддержания разряжения включает в себя компоненты для оценки уровня разряжения и блок управления вакуумным насосом. Цель интеграции данной системы в установку вакуумной инфузии включает в себя задачи по энергосбережению, ресурсосбережению вакуумного насоса и технических жидкостей, увеличению периодичности обслуживания вакуумного насоса, а также автоматическое поддержание необходимого уровня разряжения. Дополнительный эффект от автоматическо-

го поддержания уровня разряжения - это минимизация пористости в слоистой структуре изделия на основе композиционного материала.

Схема автоматизации работы установки вакуумной инфузии по поддержанию необходимого уровня разряжения представлена на рис. 1. Ключевым компонентом данной схемы является мембранное реле вакуума (рис. 2), необходимое для контроля уровня глубины разряжения. При этом мембранные реле РВ1 и РВ2 (рис. 1) позволяют создать гистерезис в системе и отрегулировать уровень включения и выключения вакуумного насоса.

В данной схеме мембранное реле РВ2 - отвечает за включение компрессора, когда давление стремится к атмосферному или равно ему. Данное реле настраивает нижнюю границу работы установки. Мембранное реле РВ1 - отвечает за отключение компрессора при достижении нужного разряжения в системе. Данное реле настраивает верхнюю границу работы установки.

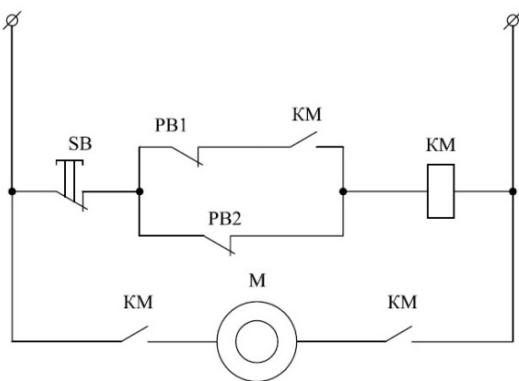


Рис. 1. Схема автоматизации работы установки вакуумной инфузии

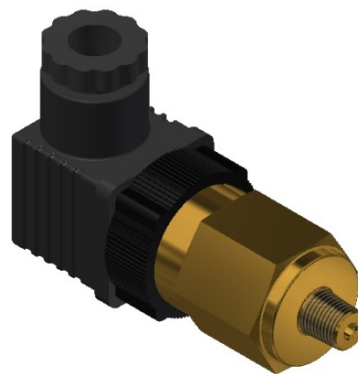


Рис. 2. Мембранное реле вакуума

УДК 629.113

КУЛАГИН А.Л., АКСЕНОВА В.А., ГОНЧАРОВ К.О.

РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ БУФЕРНОГО ЭЛЕМЕНТА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ УСТАНОВКИ ВАКУУМНОЙ ИНФУЗИИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Буферные элементы в специализированном технологическом оборудовании вакуумной инфузии для создания изделий на основе композиционных материалов выполняют функцию энергосберегающего элемента по отношению к вакуумному насосу. Буферный элемент (вакуумный ресивер) необходим как компонент резервирования разряжения и обеспечения технологического процесса вакуумной инфузии.

В качестве буферного элемента в технологическом оборудовании для вакуумной инфузии могут выступать ресиверы, предназначенные для сжиженного газа, сварочных смесей, накопления и нагрева воды.

Однако для целей создания данного типа оборудования возможна разработка и создание вакуумного ресивера оригинальной конструкции, учитывающей необходимые технические характеристики, а также снижение себестоимости производства данных элементов. Ввиду этого, на основе применения технологий цифрового производства и быстрого прототипирования был разработан и создан полимерно-композитный вакуумный ресивер (рис. 1) с максимальным рабочим давлением -0,1 МПа, объемом 60 л и массой 7,5 кг.

Основным армирующим материалом в изготовлении вакуумного ресивера выступает стекловолокно и базальтовое волокно плотностью 300 гр./м² и 600 гр./м². В качестве связующего вещества использована полиэфирная смола. Ресивер подготовлен на основе разра-

ботки и создания модельной оснастки (рис. 2) с последующим формированием матриц и заготовок элементов вакуумного ресивера.



Рис. 1. Полимерно-композитный вакуумный ресивер



Рис. 2. Модельная оснастка верхней секции вакуумного ресивера

УДК 621.431.73

КУСТИКОВ А.Д.

ПРОБЛЕМЫ НАДЕЖНОСТИ РЕДУКТОРОВ АВТОБУСОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПО ГРУНТОВЫМ ДОРОГАМ

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

При эксплуатации автобусов на маршрутах, пролегающих по грунтовым дорогам, зафиксировано значительное увеличение количества отказов редукторов заднего моста по сравнению с маршрутами по дорогам с асфальтобетонным покрытием.

Отличием в эксплуатации является скопление внешних загрязнений на поверхности заднего моста. При этом перечень технических операций обслуживания не предусматривает корректирования для эксплуатации по грунтовым дорогам.

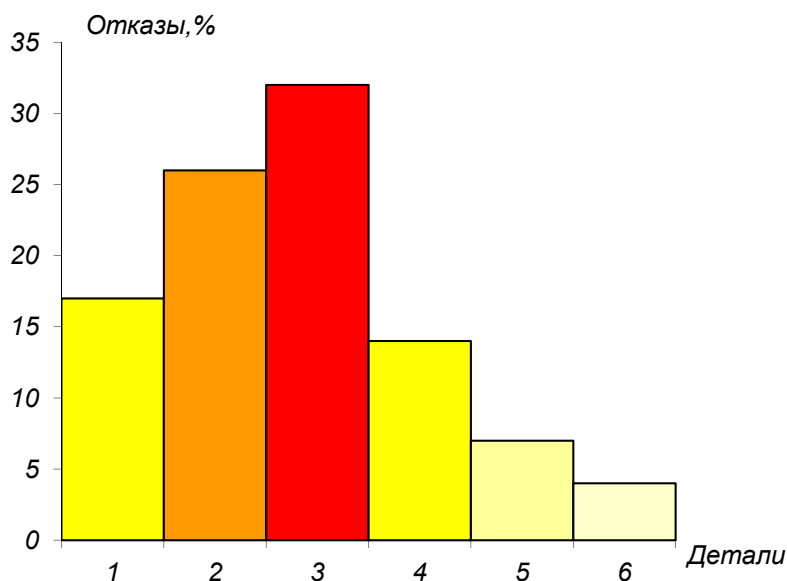


Рис. 1. Гистограмма распределения отказов заднего моста автобусов

ПАЗ-32053 при эксплуатации по грунтовой дороге:

1 - главная передача (17%); 2 - резинотехнические изделия (26%); 3 - сапун (32%);

4 - подшипники (14%); 5 - полуоси (7%); 6 - картер (4%)

Для проведения анализа отказов задних мостов автобусов ПАЗ-32053 МП «НИЖЕГОРОДПАССАЖИРАВТОТРАНС» выборка была обработана по системам, по полученным результатам построена гистограмма распределения отказов (рис. 1) [1].

Здесь приведено распределение отказов задних мостов автобусов, работающих в сельской местности Нижегородской области (дороги с грунтовым покрытием). Наибольшее количество отказов приходится на отказы сапунов (32%), резинотехнических изделий (26%), главной передачи (14%) и валов (11%) [2].

При этом на городских маршрутах доля отказов заднего моста (10%) меньше, чем на грунтовых дорогах (19%). Такое распределение отказов является следствием повышенного загрязнения поверхностей заднего моста при эксплуатации по грунтовым дорогам. В процессе эксплуатации задний мост покрывается пылью при ясной погоде и мокрым песком в дождливую погоду. Толщина пылевого покрова к моменту замены масла в редукторе на разных частях его поверхности составляет от 1 до 7 мм (рис. 2).

Из рис. 2 видно, что наибольшее скопление дорожной пыли наблюдается на картере главной передачи около сапуна (зона б). Толщина пылевого слоя здесь в семь раз больше, чем на картере моста, что является следствием отсутствия доступа к картеру главной передачи при проведении моечных работ.

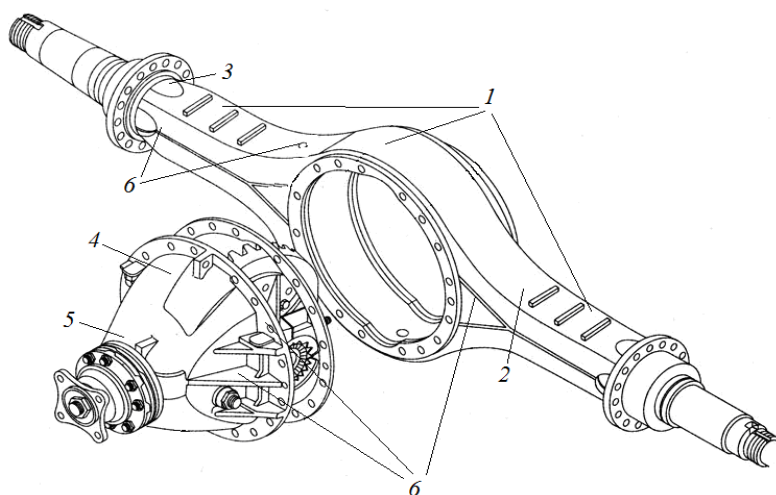


Рис. 2. Задний мост автобуса ПАЗ-32053 с указанием зон с разной толщиной пылевого покрова:
 1 - 1,0...2,0 мм; 2 - 2,1...3,0 мм; 3 - 3,1...4,0 мм; 4 - 4,1...5,0 мм; 5 - 5,1...6,0 мм; 6 - 6,1...7,0 мм

В результате анализа проб трансмиссионного масла, взятых на пробеге, соответствующем интервалу замены масла в редукторе, установлено, что снизилась вязкость, увеличилась доля механических примесей, и значение показателя Совместимость с резиной УИМ-1 выходит за границы допустимого интервала (табл. 1).

Таблица 1

Анализ трансмиссионного масла ТАп-15В при пробеге 80 тыс. км на маршрутах с асфальтобетонным и грунтовым покрытиями

Наименование показателей	Нормы	Фактически (асфальт)	Фактически (грунт)	Методы испытаний
Вязкость кинематическая при 100°С, мм ² /с, (сСт)	14.0...16.0	14.70	13.97	ГОСТ 33
Массовая доля механических примесей, %, не более	0.03	0.0291	0.0378	ГОСТ 6370
Совместимость с резиной УИМ-1 (по изменению объема),%	4...10	10.09	11.08	ГОСТ 9.03 ГОСТ 23652 п.5.9

Таким образом, можно сделать вывод о том, что увеличение количества отказов редукторов при эксплуатации на грунтовых дорогах является следствием загрязнения их поверхности, в результате которого происходят повышение рабочей температуры трансмиссионного масла и снижение смазывающей способности.

Библиографический список

1. **Кузьмин, Н.А.** Теоретические основы обеспечения работоспособности автомобилей: учебное пособие/ Н.А. Кузьмин. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2014. – 272 с.
2. **Кустиков, А.Д.** Обоснование корректирования периодичности обслуживаний коробок передач автобусов для условий дорог с переменным продольным профилем: дисс...канд. техн. наук. – Н.Новгород: НГТУ, 2015. – 176 с.

УДК 621.431.73

КУСТИКОВ А.Д., КУЗЬМИН А.Н.

ПРОБЛЕМЫ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДИЛЕРСКИХ ЦЕНТРОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Основными направлениями деятельности современных автомобильных дилерских центров является продажа и обслуживание новых и подержанных автомобилей: менеджеры продают автомобили, дополнительное оборудование, услуги банков и страховых компаний, а мастера-приемщики, в свою очередь, - услуги станции технического обслуживания и кузовного цеха. В обоих случаях успешный специалист должен обладать хорошими знаниями об эксплуатации автомобилей и, вместе с этим, уметь выстраивать долгосрочные отношения с клиентом [2].

Большинство таких специалистов являются выпускниками технических вузов, прошедших подготовку по направлению “Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов”. Программа обучения, как правило, включает инженерные дисциплины, а выпускные работы посвящены совершенствованию технологических процессов эксплуатации автомобилей. Выпускники отлично справляются с инженерными задачами, а во время коммуникации с клиентом возникают значительные затруднения. Это связано с тем, что большинство современных водителей принимают свой автомобиль за бытовой прибор и, выбирая станцию технического обслуживания, в первую очередь обращают внимание на качество обслуживания клиентов [1]. Иногда даже возникают конфликты из-за того, что специалист говорит на своем техническом языке, а клиент, не будучи знаком с технической наукой, не может понять, за что он должен платить.

Таким образом, возникает потребность в обучении персонала навыкам продаж. В представительстве каждого автомобильного бренда есть подразделение, отвечающее за подготовку менеджеров согласно разработанным производителем стандартам сбыта. На кафедре “Автомобильный транспорт” НГТУ им. Алексеева было принято решение о внедрении в программу обучения магистрантов новейшей дисциплины “Автомобильные дилерские центры”.

Анализ работы дилерских центров показал, что общение с клиентом – это такой же технологический процесс, как, например, ТО-1, только вместо технологических операций используются поведенческие и речевые модули. Рассмотрим процесс интерактивной приемки автомобиля:

- на первом этапе администратор согласовывает время проведения с клиентом;
- разгонный водитель устанавливает автомобиль в помещение для интерактивной приёмки;
- мастер-приемщик проводит обсуждение жалоб клиента с возможностью демонстрации на автомобиле;
- мастер-приемщик выполняет проверку автомобиля и выявляет возможный объем последующих ремонтных работ согласно контрольному перечню;

- при необходимости выполнения дополнительных ремонтных работ проводится консультация клиента по обнаруженным дефектам с предложением аксессуаров, подходящих для использования в данном случае;
- консультация в рамках интерактивной приёмки заканчивается уточнением заказа-наряда и подписью клиента.

При грамотно выстроенной коммуникации с клиентом последовательная реализация интерактивной приемки позволяет повысить качество обслуживания клиента и рентабельность сервиса: в ООО «Автомобили Баварии» с внедрением этого процесса средняя стоимость работ в заказ-наряде увеличилась на 11%, а продажи аксессуаров через отдел приемки выросли на 7%.

Аналогично выглядит процесс приема автомобиля по системе trade-in: в этой ситуации дилер заинтересован в принятии автомобиля, о техническом состоянии которого известны все подробности. На рис. 1 приведен лист оценки, который заполняет приемщик во время диалога с клиентом при сдаче автомобиля в зачет нового.

Лист оценки автомобиля

Клиент: _____ Тип КПП _____
 Контактный телефон: _____ Тип привода _____
 Дата: _____ Цвет кузова: _____
 Продавец: _____ Кол-во прежних владельцев: _____
 Оценщик: _____ Пробег до следующего ТО: _____
 Марка/модель: _____ Сервисная книжка: _____
 Объем двигателя, мощность: л. с. _____ Регламент ТО соблюден: _____
 Год выпуска: _____ Гарантия до: _____
 Дата первой регистрации: _____ Приобретен у офици. дилера: _____
 Пробег: _____ Наличный кредит: _____

Оборудование (если невозможно определить комплектацию в ASAP):

<input type="checkbox"/> Кондиционер	<input type="checkbox"/> Шторка заднего стекла
<input type="checkbox"/> Климат-контроль	<input type="checkbox"/> Комфортные сиденья
<input type="checkbox"/> Навигация	<input type="checkbox"/> Спортивные сиденья
<input type="checkbox"/> Люк	<input type="checkbox"/> Электрорегулируемые сиденья
<input type="checkbox"/> Магнитола с CD	<input type="checkbox"/> Спереди <input type="checkbox"/> Сзади <input type="checkbox"/> С памятью
<input type="checkbox"/> Круиз-контроль	<input type="checkbox"/> Сиденья с подогревом
<input type="checkbox"/> Коенон	<input type="checkbox"/> Складывающиеся задние сиденья
<input type="checkbox"/> Пневматическая подвеска	<input type="checkbox"/> Ключи зажигания, кол-во _____
<input type="checkbox"/> Многофункциональное рулевое колесо	<input type="checkbox"/> Запасное колесо
<input type="checkbox"/> Бортовой монитор с ТВ	<input type="checkbox"/> Домкрат
<input type="checkbox"/> Бортовой компьютер	<input type="checkbox"/> Аптечка
<input type="checkbox"/> Телефон	<input type="checkbox"/> Прикуриватели

Дополнительное оборудование: _____

Дата: _____
 Клиент/Агент: _____

Внешний вид очень хорошо хорошо удовл. плохо

Стоимость выявленных недостатков _____
 Кузов: _____
 Интерьер: _____
 Комплексная диагностика: _____
 Ремонтированные детали: _____

В - вмятина С - скоп Т - механический дефект Р - ржавчина Ц - царапина Тр - трещина X - отсутствует

Доп. дефекты: _____

Пожелание клиента по цене trade-in: _____
 Среднерыночная стоимость: _____
 Нижнее по цене предложение: _____
 Реальная цена продажи: _____
 Предложение цены клиенту: _____
 Примечание _____

Автомобиль проверен и обкатан: _____
 Дата _____ (Подпись оценщика)

Рис. 1. Лист оценки автомобиля

У менеджеров по продажам есть понятие «презентация автомобиля по контрольным точкам». Здесь менеджер обязан рассказать об особенностях конструкции и дизайна автомобиля, на которые указывает производитель, с учетом удовлетворения потребностей клиента. Например: "...короткие свесы позволяют Вам легко переезжать препятствия во дворах..."

Лучшими становятся те специалисты, которые умеют слушать собеседника и доносить свои технические знания понятными для клиента словами, становясь тем самым экспертами в их глазах. Именно поэтому для того, чтобы выпускники были полностью готовы к успешной работе, лекции по новой дисциплине должны быть насыщены видео-примерами из ежедневной работы дилерских центров, а практические занятия следует проводить в интерактивном режиме – в виде тренингов. Такой формат увлекает студентов, так как есть возможность проверить свои знания на практике и почувствовать себя клиентом и менеджером.

На основании проведенного анализа работы дилерских предприятий программа дисциплины «Автомобильные дилерские центры» должна включать следующие вопросы: составление резюме и прохождение собеседования, маркетинг отделов продаж и сервиса, системы мотивации, этапы продаж, финансовые инструменты, trade-in, гарантия, бизнес-планирование.

Библиографический список

1. **Васютин, А.П.** Управляйте с удовольствием. 50 идей для руководителя / А.П. Васютин. – Н.Новгород: Издательская группа PRO SVET, 2014. – 142 с.
2. **Кустиков, А.Д.** Проблемы обучения современной диагностике автомобилей // Будущее технической науки: сб. науч. ст. XII междунар. молодежн. науч.-техн. конф. – Н.Новгород: НГТУ, 2016. – С. 256–258.

УДК 621.431.73

СКОБЕЛИН К.Н., КОРЧАЖКИН М.Г., ЗЕЛЕНЦОВ В.В.

ОЦЕНКА ТЕМПЕРАТУРНОГО СОСТОЯНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПОРШНЕВЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ПРИ ИХ РАБОТЕ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РЕЖИМАХ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Несмотря на актуальность указанных исследований, в последние годы, их результаты публиковались в недостаточном количестве. В статье приведены данные, полученные в результате работ второй группы. При выполнении таких исследований наибольший интерес представляют следующие вопросы:

1. Выбор схемы измерений температур.
2. Применённое оборудование и аппаратура.
3. Итоги результатов измерений.
4. Сравнительные данные результатов измерений по разным маркам двигателей.

В течение длительного времени НГТУ сотрудничал с Горьковским автомобильным заводом ГАЗ, Заволжским моторостроительным заводом ЗМЗ (г. Заволжье) и объединением «Нижегородавтотранс» (г. Н.Новгород). На базе структур и объединений перечисленных предприятий в течение ряда лет выполнялись работы, итоги которых будут приведены далее. Установка термопар выполнялась по схеме рис. 1 для установки на поршнях. Заделка термопар на гильзах и блоках цилиндров показана на рис. 2.

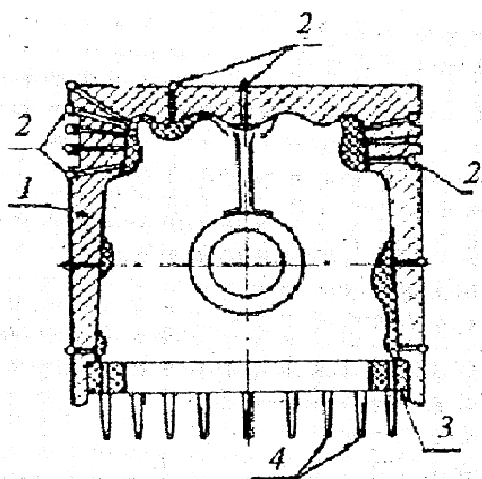


Рис. 1. Схема заделки термопар в поршне двигателей Р-6:

1 – поршень, 2 – термопары; 3 – кольцевая колодка; 4 – токоприемники

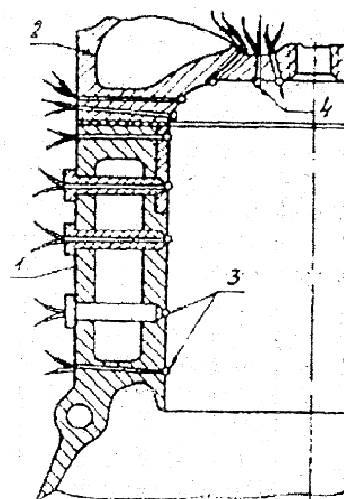


Рис. 2. Цилиндр и головка двигателя Р-4, оборудованные термопарами:

1 – блок; 2 – головка; 3, 4 – термопары

В качестве токосъемников была выбрана конструкция штыревых, а не ползунковых контактов. Компенсационная схема показана на рис. 3, б, а схема измерений – на рис. 4.

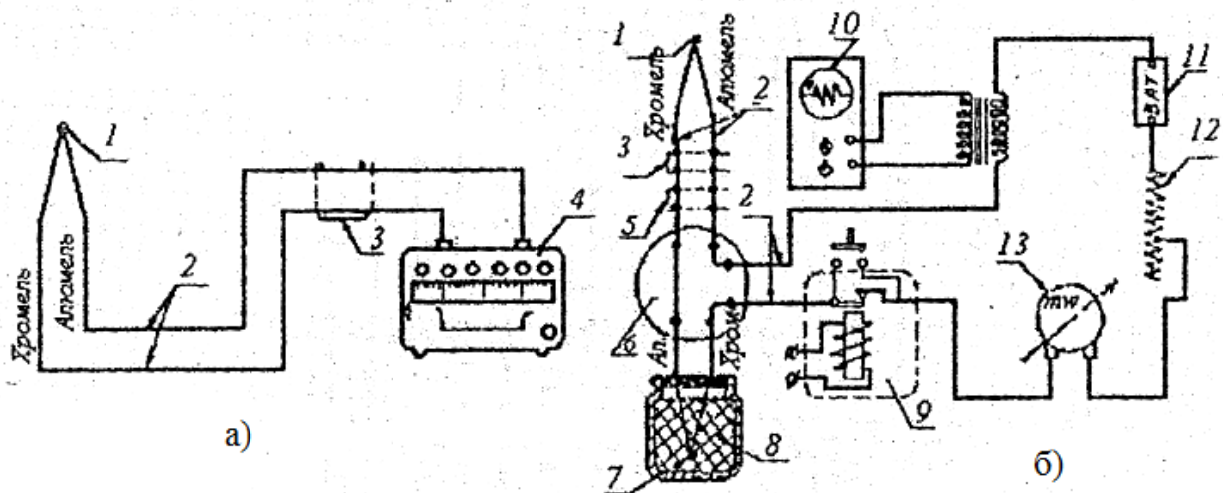


Рис. 3. Схемы соединения термопар с измерительными приборами:

a – при непосредственном соединении термопары с измерительным прибором (автоматическим потенциометром); *б* – при измерении температур подвижных деталей (поршней, клапанов) термокомпенсационным методом; 1 – термопары («горячие» спай); 2 – соединительные провода; 3 – переходная колодка; 4 – измерительный прибор ЭПВ-12А; 5 – контактная промежуточная колодка; 6 – многопозиционный переключатель (20 точек); 7 – термопара («холодный» спай); 8 – «холодильник» (0°C); 9 – реле (50 герц); 10 – индикатор нуля (осциллограф); 11 – источник постоянного тока; 12 – реостат; 13 – милливольтметр

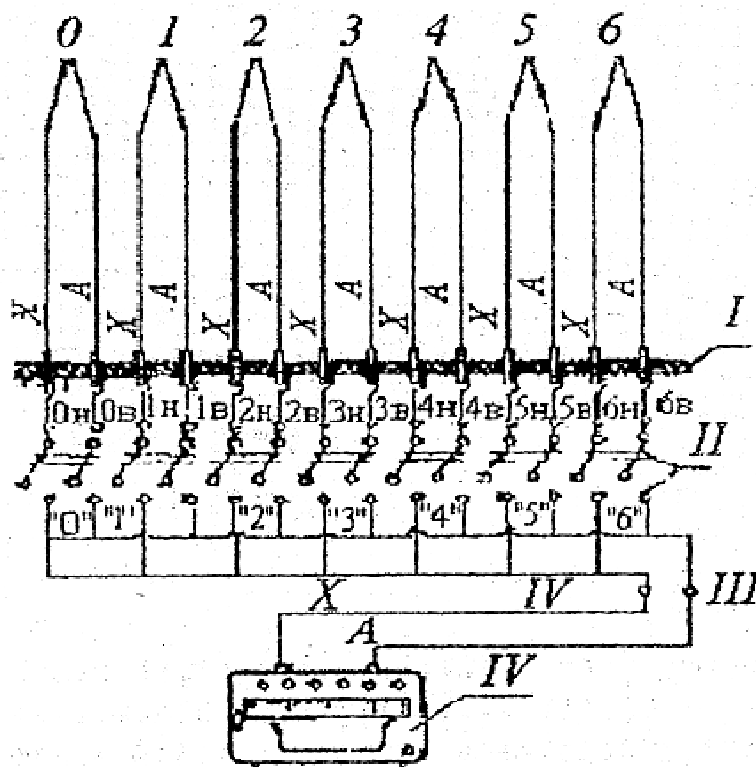


Рис. 4. Схема соединения термопар цилиндров с измерительным прибором:

1-6 – рабочие термопары; 0 – контрольная термопара; I – колодка токосъемника; II – переходная колодка; III – переключатель; IV – провода

Результаты испытаний приведены в табл. 1.

Данные были получены при использовании легкоъемных термопар, установленных на наружных поверхностях двигателей при помощи крепежных изделий с последующим пересчетом температур для основных деталей.

Таблица 1

Интервалы изменений температур основных деталей испытанных двигателей

Наименование узлов и деталей	Тип, марка, рабочий объем				
	ЗМЗ Р-4, 2,45 л	ЗМЗ V-8, 4,25 л	ГАЗ V-6- 60, 3,0 л	Р-6 «Раба- МАН»	ЯМЗ 740
	Карбюраторные			Дизельные	
	Рабочие температуры, °С				
Картер	82...97	70...85	85...98	60...95	75...90
Клапанная коробка	87...112	72...92	95...115	106...140	110...130
Юбка поршня	108...187	97...123	120...190	96...145	85...145
Зеркало цилиндра	103...255	107...145 до 168 у ВМГ	110...204	82...115	85...125
Зона поршневых колец	142...246	128...208	125...252	132...265	140...270
Днище поршня	182...268	172...242	220...310	245...318	250...320
Головка цилиндра	до 258	167...238	до 330	145...230	150...245
Стержни выпускных клапанов	320...403	230...336	220...375	180...380	200...400
Втулки выпускных клапанов	140...160 (254***)	120...180	135...220	115...260	130...250
Тарелки выпускных клапанов	до 830	480...720	до 760	до 785	до 800
Температура выхлопных газов при выходе из каналов головки**	604...860	580...760	до 780	до 800	до 820
Температура стенок патрубка выхлопного коллектора**	560...730	395...706	380...710	до 700	до 750
Температура выхлопных газов в выпускном коллекторе	до 830	588...717	до 765	до 760	до 780

Примечания: * - при изменении геометрической степени сжатия от 6,7 до 8,75;

** - для принудительного обдува двигателя вентилятором;

*** - в нижней части втулки у выпускного канала.

Интенсивность теплового нагружения деталей ДВС может быть оценена по формуле проф. Стефановского.

На основании этих данных можно рассчитать величину теплового потока при работе двигателя (табл. 2).

Таблица 2

Удельные тепловые потоки

Критерии	Марка двигателя			
	ГАЗ V6x60	УЗАМ 331	УМЗ 421	ЗМЗ 406
	$4,6 \cdot 10^5$	$5,27 \cdot 10^5$	$5,1 \cdot 10^5$	$5,8 \cdot 10^5$
η_i	0,312	0,316	0,302	0,320

При возрастании теплового потока через деталь можно нейтрализовать увеличение теплового потока q увеличением высоты жидкостной рубашки h расположенной рядом с теплонапряженной деталью, как это показано в табл. 3.

Таблица 3

Высота жидкостной рубашки (h , мм) в системах охлаждения ДВС
в зависимости от максимального значения местного теплового потока

h , мм	2,5...3,0	4...8	8...12	20...25	27...29	35...37	43	46
	3	4	6,6	9	12	18	18,6	18,8

Данное мероприятие позволит избежать местных перегревов опасных зон ДВС при увеличении степени форсирования двигателей при их модернизации [1, 2].

Библиографический список

1. Юдаев, Б.Н. Теплопередача / Б.Н.Юдаев. – М. – Высшая школа, 1973. – 359 с.
2. Зеленцов, В.В. Эксплуатационные свойства и тепловые режимы поршневых автомобильных двигателей внутреннего сгорания / В.В. Зеленцов, В.В. Крупа; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Н.Новгород 2002. – 72 с.
3. Зеленцов, В.В. Основы технологии производства и ремонта автомобилей. Часть 5. Комплекс учебно-методических материалов, Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева. – Н.Новгород, 2009. – 112 с.

УДК 621.431.73

СКОБЕЛИН К.Н., КОРЧАЖКИН М.Г.,
ЗЕЛЕНЦОВ В.В., АРХИПОВ А.Н.

ОСОБЕННОСТИ ПРОФИЛИРОВАНИЯ ЖИДКОСТНЫХ РУБАШЕК В СИСТЕМАХ ОХЛАЖДЕНИЯ ДВС АВТОМОБИЛЕЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

При движении частиц жидкости по криволинейным траекториям возникают так называемые вихревые трубки или «вихревые шнуры». Схемы их возникновения показаны на рис. 3 и рис. 4. При профилировании жидкостной рубашки системы охлаждения, при формировании вихревых линий и трубок легко убедиться, что для формы «жидкостной рубашки» систем охлаждения ДВС для конструкции типа рис. 7 при поперечном сечении жидкостных протоков разместится большее количество «вихревых шнуров» и интенсивность работы системы охлаждения возрастет. То есть так называемый «конический профиль» жидкостной рубашки системы охлаждения будет иметь преимущество перед «цилиндрическим», что одновременно увеличит размер привалочной плоскости и улучшит условия работы прокладок между головкой и блоком цилиндров (рис. 6, б), как это имеет место на двигателях ЗМЗ (3,0 л. $V6 \times 60^\circ$).

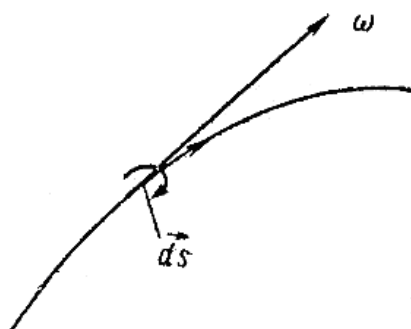


Рис. 1. Вихревая линия

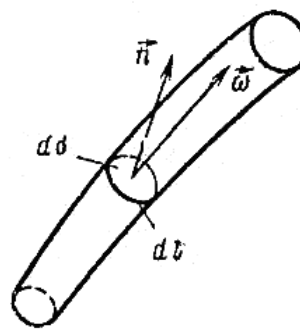


Рис. 2. Вихревая трубка

Рассмотрим случай, когда в каждой точке пространства, занятого движущейся жидкостью, вектор ω отличен от нуля, т. е. все частицы имеют вращение. Тогда мы имеем поле вектора ω , для которого можно построить векторные линии. Назовем вихревой линией кри-

вую, в каждой точке которой вектор ω направлен по касательной. Тогда элементарные отрезки ds такой линии (рис. 1) будут служить множественными осями вращения тех жидких частиц, которые на них расположены.

Очевидно, указанное движение возможно лишь благодаря деформациям вращающихся жидких частиц, поскольку вихревая линия криволинейна, и в целом не может рассматриваться как ось вращения конечного объема жидкости.

Дифференциальное уравнение вихревых линий легко получить из условия коллинеарности вектора угловой скорости ω ($\omega_x, \omega_y, \omega_z$) и элементарного направленного отрезка дуги вихревой линии ds (dx, dy, dz). Условие пропорциональности одноименных проекций этих векторов запишется в виде

$$\frac{dx}{\omega_x} = \frac{dy}{\omega_y} = \frac{dz}{\omega_z}. \quad (1)$$

Зная функции $\omega_x(x, y, z)$, $\omega_y(x, y, z)$, $\omega_z(x, y, z)$, из системы двух уравнений можно найти вид вихревых линий (1). Таким образом, приходим к результату:

$$\int_{\sigma_1} \omega_n d\sigma + \int_{\sigma_2} \omega_n d\sigma = 0. \quad (2)$$

Учитывая, что на поверхности σ_1 нормаль n_1 направлена наружу объема W , заменим ее на внутреннюю $-n_1$. Тогда последнее соотношение можно переписать в виде

$$\int_{\sigma_1} \omega_{-n} d\sigma = \int_{\sigma_2} \omega_n d\sigma, \quad (3)$$

что и доказывает теорему Гельмгольца. Если вихревая трубка является элементарной, то в пределах каждого из сечений будет $\omega_n = const$ и, следовательно,

$$\omega_{-n_1} \sigma_1 = \omega_{n_2} \sigma_2. \quad (4)$$

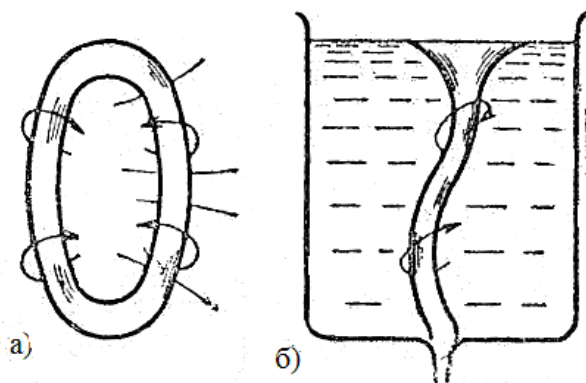


Рис. 3. Типы вихревых трубок:
 а – вихревое кольцо; б – вихревой шнур с концами на границах жидкости

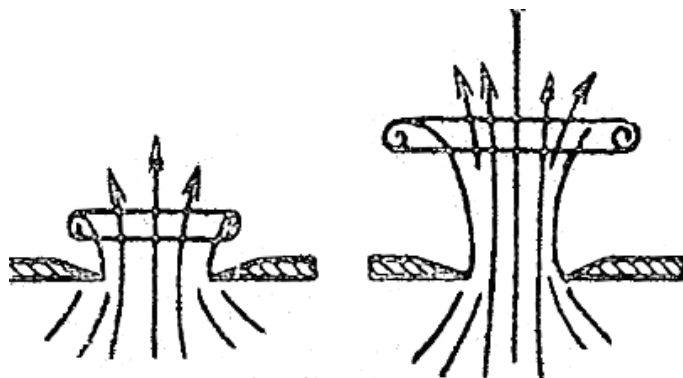


Рис. 4. Схема формирования вихревого кольца при истечении жидкости через затопленное отверстие

Следует подчеркнуть, что в уравнениях (3) и (4) и представляют собой проекции векторов угловой скорости на направления нормалей к сечениям

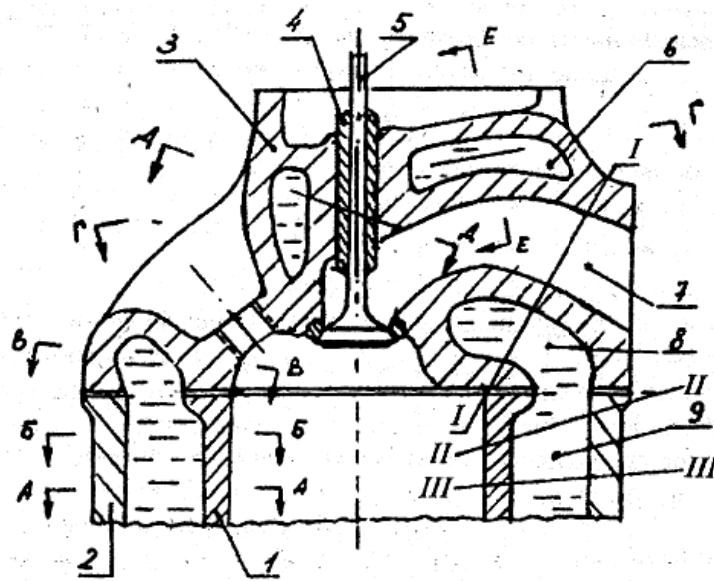


Рис. 5. Выбор сечений для расчетов по определению теплового состояния деталей и систем двигателей:

А-А, Б-Б, В-В, Г-Г, Д-Д, Е-Е – расчетные сечения; I, II, III – расчетные для определения теплотехнических величин выпускной системы двигателя; 1 – гильза цилиндра; 2 – блок; 3 – головка; 4 – втулка клапана; 5 – клапан выпускной; 6, 8, 9 – каналы для подвода охлаждающей жидкости; 7 – выпускной канал головки цилиндров

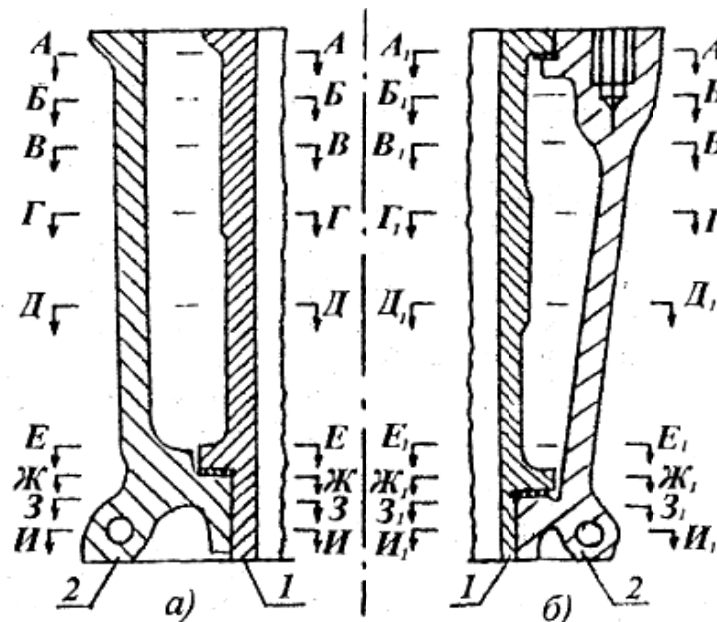


Рис. 6. Выбор сечений для расчетов теплопередачи по высоте гильз:

1 – гильза цилиндра; 2 – блок-картер; а – гильза с одним посадочным пояском; б – гильза с двумя посадочными поясками

Схема на рис. 6, б предпочтительнее для формы жидкостной рубашки системы охлаждения ДВС, так как в этом случае количество вихревых трубок может быть увеличено. Выбор граничных элементов при расчетах теплотехнических параметров деталей цилиндропоршневой группы представлен на рис. 7.

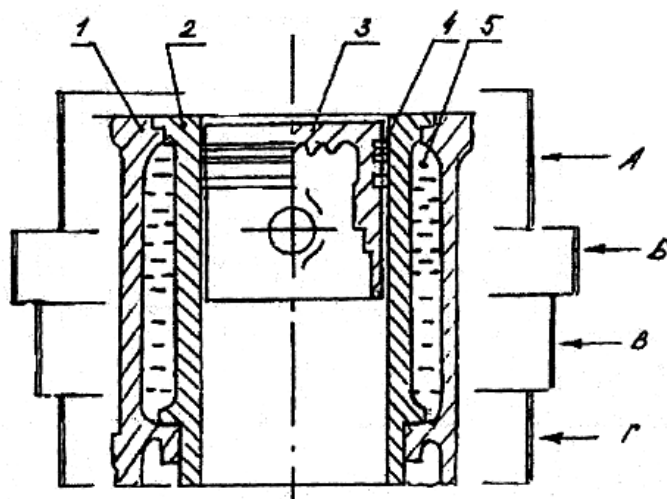


Рис. 7. Выбор граничных элементов при расчетах теплотехнических параметров деталей цилиндра-поршневой группы (по высоте гильзы цилиндра):

А, Б, В, Г – граничные элементы; 1 – блок-картер; 2 – гильза цилиндра; 3 – поршень;
4 – кольца; 5 – охлаждающая жидкость

Профилирование жидкостных рубашек систем охлаждения двигателей позволяет повысить эффективность теплообмена при сохранении конструктивного построения блоков ДВС. Необходимо стремиться к увеличению числа вихревых трубок в рубашках систем охлаждения. Эффектом от профилирования рубашек систем охлаждения двигателей будет увеличение показателей долговечности при эксплуатации ДВС в различных условиях эксплуатации.

УДК 629.113

ФИЛАТОВ-БОБРОВ Д.А., БОРИСОВ Г.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТНЫХ РЕЖИМОВ ДВИЖЕНИЯ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

На кафедре «Автомобильный транспорт» разработана и используется в учебном процессе вероятностно-аналитическая методика прогнозирования расхода топлив грузовых автомобилей. Данная методика основана на общепризнанном утверждении об основном влиянии скорости движения автомобиля на расход топлива. Поэтому определение наиболее вероятного значения средней скорости движения, которому будет соответствовать наиболее вероятный расход топлива, на конкретном участке маршрута для одного и того же автомобиля составляет научную основу разработанной методики [1].

Исследованиями установлено, что движение грузовых автомобилей может быть принято за установившееся с постоянной средней скоростью. При этом распределение скоростей движения грузовых автомобилей в городских условиях описывается экспоненциальным законом, в загородных - «ограниченным» нормальным законом [2].

Вместе с тем, движение легковых автомобилей существенно отличается от движения грузовых, в первую очередь, повышенными скоростями и значительным изменением ускорений при движении. Поэтому адаптация разработанной методики к легковым автомобилям составляет практическую значимость как для учебного процесса, так и для деятельности транспортных предприятий.

В период с 03.2017 по 04.2018 гг. авторами проведены исследования скоростных режимов движения легковых автомобилей на примере VW Polo 1.6 в Н.Новгороде. Измерения осуществлялись с помощью устройств с функцией геолокации и установленным программным обеспечением Speed View GPS Pro. Результаты измерений содержат сведения о маршруте движения на карте местности, изменении скоростей движения, высоты над уровнем моря и т.д. (рис. 1).

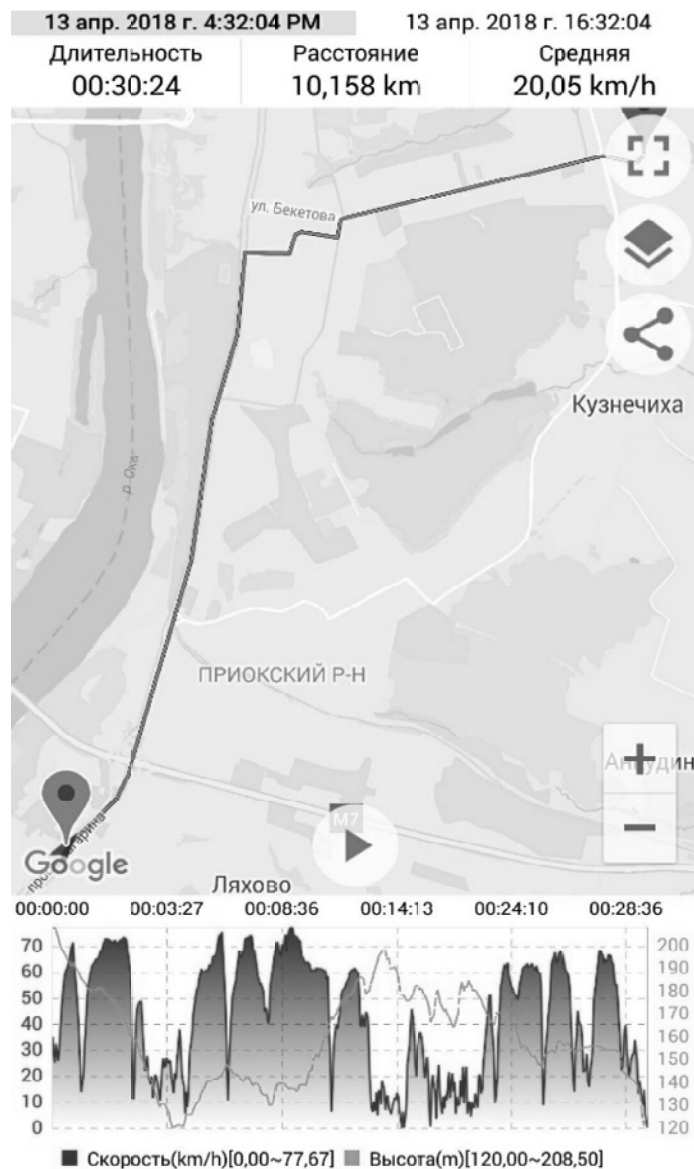


Рис. 1. Результаты измерений

В настоящее время осуществляется статистическая обработка полученных данных с целью установления закона распределения скоростей движения легковых автомобилей с последующим внедрением результатов в вероятностно-аналитическую методику прогнозирования расхода топлив в рамках магистерской работы.

Библиографический список

1. **Борисов, Г.В.** Методика прогнозирования расхода топлива автопоездами с учётом скоростного режима движения. Дисс. ... канд. техн. наук. – Н.Новгород: НГТУ, 2017 – 182с.
2. **Ильянов, С.В.** Перспективы развития нормирования расхода топлива на автомобильном транспорте // Будущее технической науки: сб. материалов XVI междунар. молод. науч.-техн. конф. / Г.В. Борисов, С.В.Ильянов, Н.А. Кузьмин. – Н.Новгород: НГТУ, 2017. – С. 277–278.

АНАЛИЗ ПЕРЕОБОРУДОВАННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПО ТИПУ ИХ ШИННОЙ ПОВОРАЧИВАЕМОСТИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,
Нижегородский государственный педагогический университет им. К. Минина

При изучении вносимых изменений в конструкции транспортных средств, необходимо, на этапе исследования, рассмотреть вопрос о типе шинной поворачиваемости данных автомобилей. Кратко напомним, что под поворачиваемостью, мы будем понимать способность автомобиля изменять направление движения без поворота управляемых колес. Различают избыточную, нейтральную и недостаточную поворачиваемость [1], [3] и [4]. Так же, как и ранее, для описания автомобиля мы используем одномассовую плоскую расчетную модель, плюсы и минусы которой нами неоднократно уже были раскрыты, а значит, в данном случае поворачиваемость формируется исключительно боковым уводом эластичных колес, которую еще называют шинной, а конкретный ее тип определяется положением центра тяжести автомобиля и величинами коэффициентов сопротивления боковому уводу передней и задней осей.

Для оценки соответствующего типа нами была использована следующая формула, предложенная в работе [1]:

$$\eta_n = \frac{G_3}{K_3} \cdot \frac{K_n}{G_n}, \quad (1)$$

где η_n – коэффициент поворачиваемости; G_n , G_3 – вес автомобиля, приходящийся на переднюю и заднюю ось; K_n , K_3 – коэффициент сопротивления боковому уводу передней и задней осей автомобиля.

При $\eta_n = 1$ имеем нейтральную поворачиваемость, при $\eta_n > 1$ – избыточную, а при $\eta_n < 1$ – недостаточную поворачиваемость.

Для двухосных автомобилей с одинарными задними и передними колесами, снабженными пневматическими шинами одинаковой модели, формулу (1) можно записать в следующем виде:

$$\eta_n = \frac{G_3}{G_n}. \quad (2)$$

Для двухосных автомобилей с двойными колесами на задней оси и одинарными на передней, при условии идентичности установленных шин, формула (1) будет выглядеть следующим образом:

$$\eta_n = \frac{G_3}{2G_n}. \quad (3)$$

Таким образом, с учетом выражений (2) и (3), тип шинной поворачиваемости, для выбранной расчетной модели автомобиля будет зависеть только от осевых нагрузок, значения которых приводятся в технических характеристиках на транспортные средства. Также необходимо отметить, что указанные формулы справедливы для двухосных автомобилей, количество которых при переоборудовании по данным авторов [2], составляет подавляющее число. Для общей информации далее будут предоставлены данные, сведенные в табличной форме, о количестве в процентном соотношении от общей величины (2100 ед.) переоборудованных колесных машин за 2015 год в Нижегородской области, в разрезе типа ведущего привода (с приводом на колеса передней оси, задней оси, а также на те и другие одновременно) и количества осей (двухосные и многоосные автомобили).

Распределение переоборудованных автомобилей

Двухосные автомобили			Многоосные автомобили		
Общее количество -95%			Общее количество – 5%		
Тип привода			Тип привода		
Передний	Задний	Полный	Передний	Задний	Полный
2,4%	85,5%	7,1%	-	5%	-

В результате проведенной работы, применив формулы (2) и (3) для расчета типа шинной поворачиваемости по известным осевым нагрузкам, для интервала масс автомобиля от снаряженной до полной, т.е. технически допустимой, можно сделать вывод, о том, что примерно в 80% случаев, как базовый, так и переоборудованный автомобиль обладает недостаточной поворачиваемостью, а в оставшихся 20% случаев автомобиль при увеличении его массы меняет недостаточную поворачиваемость на избыточную.

Необходимо отметить, что при дальнейшем исследовании переоборудованных транспортных средств нужно как теоретически рассмотреть влияние изменения типа поворачиваемости на управляемость автомобиля, так и особенности каждого типа при формировании управляемости.

Библиографический список

1. Автомобильные транспортные средства / Д.П. Великанов [и др.]. – М.: Транспорт, 1977. – 326 с.
2. **Молев, Ю.И.** К вопросу о классификации изменений, вносимых в конструкцию транспортных средств / Ю.И. Молев, М.Г. Черевастов // Будущее технической науки: сб. материалов XVI Международной молодежной научно-техн. конф.; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2017. – С. 323–324.
3. **Чудаков, Е.А.** Теория автомобиля / Е.А. Чудаков. – М.: МАШГИЗ, 1950. – 343 с.
4. **Эллис, Д.Р.** Управляемость автомобиля: [пер. с англ.] / Д.Р. Эллис. – М.: Машиностроение, 1975. – 216 с.

УДК 629.11.01

ЛИПИН А.А., СТРИЖАК А.Д.

ПРОБЛЕМЫ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РОТОРНО-ВИНТОВОГО ДВИЖИТЕЛЯ С ГРУНТОВЫМ ОСНОВАНИЕМ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Расширение географии применения роторно-винтовых машин (РВМ) предъявляет все более высокие требования к их качеству и долговечности. Это обуславливает необходимость совершенствования методов проектирования, изготовления и эксплуатации РВМ. Одной из актуальных задач является численное моделирование взаимодействия РВМ с грунтовым основанием. Надежность расчетов напряженно-деформированного состояния системы шнек-грунт зависит от правильности выбора расчетной модели основания. В настоящее время существует несколько подходов описания движения деформируемой сплошной среды.

Подход Лагранжа с использованием метода конечных элементов является широко распространенным и эффективным способом численного моделирования конструкций. Каждый Лагранжев элемент жестко связан с индивидуальным объемом сплошной среды и деформируется вместе со средой. Возникают проблемы сходимости нелинейного расчёта, вызванные силовым дисбалансом, постоянно изменяющейся геометрией пятна контакта, несоответствия взаимодействующих тел и др. Элементы грунтового основания испытывают большие деформации, которые превышают размер конечных элементов. Применение нелинейной адаптивности сеток позволяет осуществить численное моделирование процесса деформации вплоть до потери устойчивости. Однако плохая обусловленность матрицы жесткости системы, вследствие чрезмерного искажения сетки, часто приводит к невозможности получения адекватного решения.

Эйлеров подход позволяет отслеживать течение материала через грани ячеек на сеточной области, зафиксированной в пространстве. Сложность применения данного подхода вызвана необходимостью определения перемещений сплошной среды, в том числе ее границы, сложностью учета переноса внутренних переменных, которые характеризуют состояние материальных частиц грунта.

Произвольный Лагранжево-Эйлеров метод ALE сочетает в себе преимущества подходов Лагранжа и Эйлера, при этом устраняя их некоторые недостатки. ALE, как и Лагранжев метод использует сетки, движущиеся совместно с материалом. Использование Эйлеровых алгоритмов сводится к выравниванию и исправлению расчетной сетки. При чрезмерно больших деформациях выравнивание не всегда способно компенсировать накопленные искажения, поэтому в задачах удара и проникания этот метод не получил широкого распространения.

Метод сглаженных частиц SPH, основанный на подходе Лагранжа к описанию движения сплошной среды, является бессеточным методом, не чувствителен к большим искажениям сетки, позволяет вести расчет при произвольных деформациях. Метод имеет явное преимущество в задачах высокоскоростного удара, трещинообразования при разрушении

хрупких материалов, а также для моделирования процесса потери устойчивости грунтовых оснований.

Для получения максимальной производительности и точности существуют многоцелевые программные комплексы, такие как ANSYS Workbench, в которых пользователь имеет возможность выбора метода расчета (Лагранжев, Эйлера, ALE и SPH) в зависимости от особенности своей задачи. Проблема численного моделирования процесса взаимодействия РВМ с грунтовым основанием, сопровождаемого большими деформациями грунта, может быть решена путем рациональной постановки задачи и использования гибких программных средств инженерного анализа.

Подсекция 5.1

Кораблестроение и авиационная техника

УДК 629.12

БАБЕНКО С.С.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СУДОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ И РАСЧЕТ ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В SolidWorks

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Современная технология проектирования судов ориентирована на применение вычислительной техники. Высшей формой такого использования являются системы автоматизированного проектирования (САПР). По всеобщему признанию, одной из лучших систем, реализующих технологию проектирования изделий в пространственной форме с последующим созданием проектно-конструкторской документации в автоматическом режиме, является программный комплекс SolidWorks. Программный комплекс SolidWorks обладает широкими возможностями анализа и редактирования полученной геометрии [1].

Выполнение любых расчетов по статике корабля связано с определением элементов погруженного объема и элементов действующей ватерлинии. Исходной информацией служит в данном случае модель судовой поверхности, и при этом не требуется дополнительная подготовка каких-либо данных, что полностью исключает вероятность появления субъективных ошибок. Практически все необходимые результаты в расчетах элементов теоретического чертежа могут быть получены с необходимой точностью и приемлемой трудоемкостью.

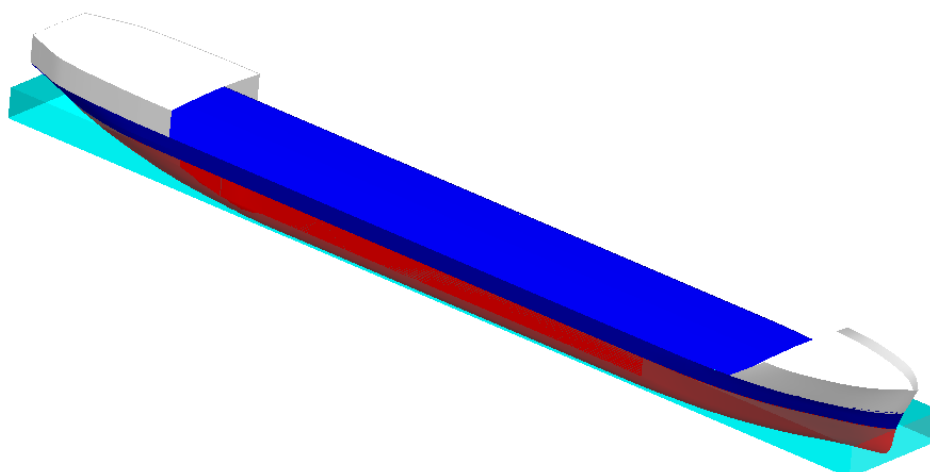


Рис. 1. Модель теоретической поверхности судна

Панель инструментов SolidWorks *Инструменты* предоставляет инструменты для измерения, определения и анализа характеристик моделей. Для выполнения вычислений гидростатических элементов необходимо создание твердотельного элемента. Инструмент *Массовые характеристики* позволяет определить объемное водоизмещение и координаты ЦВ, а инструмент *Свойства сечения* – элементы КВЛ.

В качестве примера на рис. 1 приведена модель, созданная в SolidWorks. Для большей наглядности полученный твердотельный элемент помещен в параллелепипед с размерами, равными расчетной длине, ширине и осадке судна.

-
1. **Князьков, В.В.** Компьютерные технологии в кораблестроении: учеб. пособие / В.В. Князьков; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Н. Новгород, 2015. – 130 с.

УДК 621.039.53

АЛЕКСАНДРОВ А.Е., ВОРОБЬЕВ С.В.

ВИРТУАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ФОРМЫ И РАЗМЕРОВ ОБОРУДОВАНИЯ. ПРОВЕРКА СОБИРАЕМОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ В СОСТАВЕ АГРЕГАТА

АО «ОКБМ Африкантов»

В настоящее время на судостроительных предприятиях принят агрегатный метод монтажа установок. Проверка собираемости оборудования в составе агрегата производится на одном предприятии, при этом оборудование для реакторной установки изготавливается на различных предприятиях по всей стране, что влечет за собой транспортные и временные затраты. При выявлении несоответствий изготовленных деталей и узлов изделия требованиям рабочей конструкторской документации трудоемкий процесс проверки собираемости приходится выполнять повторно, после каждой доработки оборудования, согласно требованиям РКД.

С целью оптимизации технологического процесса проверки собираемости, существенного снижения экономических и временных затрат, физическую проверку собираемости оборудования целесообразно заменить виртуальной проверкой, осуществляемой в среде специального программного обеспечения.

Виртуальная проверка собираемости позволяет решить следующие задачи:

- дистанционная оценка соответствия изготовленного оборудования требованиям РКД;
 - обоснование решений о необходимости доработки конкретных деталей или узлов оборудования для обеспечения его собираемости;
 - выбор мест доработки деталей, узлов и выдача обоснованных рекомендаций по их доработке;
 - сокращение общих сроков проверки собираемости в случае выявления необходимости доработки частей агрегата;
 - выдача обоснованных рекомендаций по осуществлению конечной физической сборки;
- Виртуальная проверка собираемости осуществляется в несколько этапов:

1. Организацией-проектантом агрегата разрабатываются исходные 3D-модели оборудования и электронный паспорт на каждый объект измерений.

2. 3D-модели, электронные паспорта передаются предприятиям-изготовителям объектов для организации измерений. Данные измерений совмещаются с проектной 3D-моделью и определяются отклонения точек.

3. Оформленные результаты измерений направляются в организацию-проектант агрегата. Производится виртуальная проверка собираемости. Принимаются обоснованные решения о собираемости, с назначением участков и параметров доработки оборудования.

4. Данные по необходимой доработке передаются на предприятия-изготовители оборудования. Осуществляется доведение оборудования до требуемого уровня соответствия РКД, размерный контроль доработанного оборудования и оформление результатов измерений.

5. Передача результатов измерений в организацию-проектант агрегата, для повторной виртуальной проверки собираемости. Принимается решение о возможности отгрузки изготовленного оборудования в адрес организации, осуществляющей окончательную физическую сборку агрегата.

Результатом данных методов является цифровая модель собранного агрегата.

**СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СТЕПЕНИ СЖАТИЯ
АТМОСФЕРНОГО ДВС 64 22/28**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Циклический характер работы поршневых ДВС с воспламенением от сжатия позволяет реализовать высокие температуры и давления, которые до настоящего времени недостижимы для тепловых двигателей других типов. Использование рабочего тела в рабочей камере цилиндра при высоких температурах и давлениях позволяет получить наиболее высокую внутреннюю энергию и экономичность поршневых ДВС. Действительно, среди тепловых двигателей поршневой двигатель с воспламенением от сжатия преобразует химическую энергию топлива с наивысшим КПД, достигшим в отдельных образцах величины 0,55...0,57. Двигатели с воспламенением от сжатия нового поколения имеют следующие неотъемлемые черты: регулируемую двух и трехступенчатую конфигурацию впускного трубопровода, обеспечивающую эффективное воздухообеспечение по внешней скоростной характеристике, переменные управляемые фазы газораспределения, центрально расположенные форсунки с электронным микропроцессорным управлением, высокие параметр цикла, низкий уровень механических потерь и вторичного использования энергии уносимой продуктами сгорания в окружающую атмосферу более 40...45%[2].

Повышение величины геометрической степени сжатия с 12 до 16 единиц как способ повышения преобразования энергии рабочего тела в механическую работу гребного винта судна. Двигатель 64 22/28 имеет: $N_e=476$ кВт при $n=750$ мин⁻¹; $g_e=196$ г/кВт · ч; $\varepsilon=12$; $\eta_n=0,80$; $\eta_M=0,80$, $\eta_e=0,43$. $V_a=0,011605400$ м³=const[1].

Исследование проводилось атмосферном поршневом СОД при неизменном полном объеме цилиндра $V_a=const$ за счет инженерных решений кривошипно-шатунного механизма атмосферного поршневого СОД 64 22/28.

Анализ полученных результатов методом вычислительного эксперимента показывает:

- по энергетическим показателям:
 - величина эффективной мощности повысилась за счет увеличения рабочего объема цилиндров на 2,3%;
 - величина эффективной мощности повысилась за счет увеличения энергопреобразования на 7,2%;
- по экономическим показателям:
 - величина термического КПД увеличилась на 7,0%;
 - величина эффективного КПД увеличилась на 4,7%;
 - величина удельного эффективного расхода топлива уменьшилась на 5,6%;
- по процессу сжатия:
 - величина температуры в конце процесса сжатия повысилась на 10,8%;
 - величина давления в конце процесса сжатия повысилась на 12,2%;
- по инженерному решению КШМ:
 - величина рабочего объема цилиндра увеличилась на 2,3%;
 - величина объема камеры предварительного сжатия уменьшилась на 25%;
 - величина геометрической степени сжатия увеличилась на 33,3%;
 - величина хода поршня увеличилась на 2,3%;
 - величина средней скорости поршня увеличилась на 2,3%;
 - величина отношения хода поршня к диаметру цилиндра увеличилась на 2,3%.

Совершенствование энергопреобразования позволило улучшить энергетические и экономические характеристики атмосферного поршневого СОД [2].

Библиографический список

1. **Болгарский, А.В.** Термодинамика и теплопередача / А.В. Болгарский. – М.: Высш. школа, 1994. – 459 с.
2. **Захаров, Л.А.** Современный поршневой ДВС с перспективными энергетическими, экономическими и экологическими показателями, полученными за счет повышения внутренней энергии рабочего тела / Л.А. Захаров, А.Н.Тарасов, В.Л. Химич [и др.] // ААИ. – 2013. – №2(79). – С. 14–20.

УДК 621.43

АНДОСОВ А.Г., ЗАХАРОВ Л.А., СКАЧКОВ А.А.

АНАЛИЗ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕНЗИНОВОГО АТМОСФЕРНОГО ПОРШНЕВОГО ДВС С ПРИНУДИТЕЛЬНЫМ ВОСПЛАМЕНЕНИЕМ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Исторически технологическая термодинамика развивалась как теория тепловых машин, т.е. изучались только взаимопреобразования внутренней энергии и механической энергии. Этот путь был продиктован потребителями развивающейся промышленности, нуждающейся в мощных поршневых двигателях с высоким коэффициентом полезного действия.

Исследование термодинамической работы атмосферных поршневых двигателей было основано на применении специально разработанного метода круговых процессов (циклов). Энергию, необходимую для работы атмосферных поршневых двигателей, получали путем сжигания жидкого или газообразного топлива при температурах горения (2000...2500 К).

Для использования более высоких температур перед технической термодинамикой стоят большие и сложные задачи, требующие всестороннего изучения теплофизических свойств новых рабочих тел и исследования новых термодинамических процессов и циклов.

Идеальный цикл Отто является циклом атмосферных поршневых двигателей внутреннего сгорания с внешним смесеобразованием и искровым (принудительным) моментом опережения зажигания.

Основными показателями метода круговых процессов (циклов) является экономичность, характеризующаяся термодинамическим КПД η_t , и эффективность определяемая удельной работой L_t цикла, т.е. работой, приходящейся на единицу разности между максимальным и минимальным объемами рабочего тела в цикле.

Используя известные из технической термодинамики формулы:

$$\eta_t = \frac{L_t}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} \quad ; \quad (1)$$

Термодинамический КПД цикла с подводом теплоты при $V=\text{const}$ (1) зависит от двух характеристик цикла: степени сжатия « ε » и показателя адиабаты « k » и возрастает с их увеличением.

Полезная работа эквивалентна полезно использованной теплоте, т.е. $Q_1 - Q_2$ и может быть определена с использованием графиков индикаторной диаграммы.

$$L_t = Q_1 \cdot \eta_t = L_{zb} - L_{ac} = \frac{V_c}{k-1} (P_z - P_c) \cdot \eta_t \quad ; \quad (2)$$

Как показывает уравнение (2), с увеличением степени сжатия « ε » и показателя адиабаты « k » полезная работа цикла L_t возрастает. Среднее рабочее тела может быть определено по известной формуле:

$$P_{mt} = \frac{Q_1}{V_s} \cdot \eta_t \quad ; \quad (3)$$

показывающей степень использования рабочего объема цилиндра [1].

По описанной методике были определены термодинамические показатели серийного поршневого ДВС ЗМЗ: Р-4; $V_h=2445 \text{ дм}^3$, $N_e=66,2 \text{ кВт}$ при $n=4500 \text{ мин}^{-1}$ и модернизированного: Р-4; $V_h=2445 \text{ дм}^3$, $N_e=77,2 \text{ кВт}$ при $n=4500 \text{ мин}^{-1}$.

Проведенные расчетные исследования показали, что термодинамические показатели модернизированного атмосферного поршневого ДВС, по сравнению с серийным, увеличились за счет снижения принципиально устранимых тепловых потерь:

- полезная работа цикла на 16,7%;
- термический КПД цикла на 11,6%;
- среднее термодинамическое давление цикла на 8,8%.

В докладе приведены подробные данные термодинамических показателей, полученных методом вычислительного эксперимента [2].

Библиографический список

1. **Захаров, Л.А.** Современный поршневой ДВС с перспективными энергетическими, экономическими и экологическими показателями, полученными за счет повышения внутренней энергии рабочего тела / Л.А.Захаров, А.Н. Тарасов, В.Л. Химич [и др.] // ААИ. – 2013. – №2(79). – С. 14–20.
2. **Ленин, И.М.** Теория автомобильных и тракторных двигателей / И.М. Ленин. – М.: Машиностроение. 1969. – 368 с.

УДК 621.43

АНДОСОВ А.Г., ЗАХАРОВ Л.А., СКАЧКОВ А.А., МОЗОЛИН Н.Е.

ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СУДОВОГО СОД 6 ЧН СП 22/28 ПРОИЗВОДСТВА РУМО ЗА СЧЕТ ИНЖЕНЕРНЫХ РЕШЕНИЙ ОРГАНОВ ВЫПУСКА ПОДСИСТЕМЫ ГАЗООБМЕНА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Двигателем внутреннего сгорания называется тепловой двигатель, в котором часть химической энергии топлива, сгорающего в рабочей полости, преобразуется в механическую. ДВС состоит из остова, трех механизмов и подсистем. Кривошипно-шатунный механизм (КШМ) – главный механизм поршневого двигателя, на который работают еще два механизма и все подсистемы двигателя [1].

Техническая термодинамика теоретический поршневой ДВС представляет как закрытую термодинамическую систему. ЗТДС состоит из: геометрической модели, физической модели и термодинамической модели. Рабочим телом постоянного количества и несменяемого в ЗТДС служит: парогазообразное вещество, способное значительно уменьшиться в объеме, воспринимать теплоту, расширяясь совершать работу, и, отдавать теплоту. Цикловая работа, совершаемая рабочим телом, в КШМ осуществляется за два хода поршня или за один оборот кривошипа. В реальном поршневом ДВС с воспламенением от сжатия рабочий цикл осуществляется за четыре хода поршня или за два оборота кривошипа.

В результате осуществления цикла ДВС его рабочее тело, непосредственно участвуя в процессе сгорания в качестве окислителя, изменяет свой химический состав. В нем оказывается израсходованным кислород и повышена до $920...1120 \text{ К}$ температура, что не дает возможности использовать продукты сгорания в следующем цикле. В связи с этим после окончания каждого цикла необходимо удалить из рабочей камеры продукты сгорания и заменить их новой порцией свежего заряда. Процесс выпуска начинается в момент открытия выпускного отверстия за $50...70$ град. до НМТ. В это время в цилиндре находятся продукты сгорания при давлении $0,4...0,7 \text{ МПа}$ и температуре $1100...1600 \text{ К}$, т.е. обладают высокой потенциальной энергией.

Скорость испарения газов достигает $520...700 \text{ м/с}$ при свободном выпуске и 50-60%

продуктов сгорания, что улучшает условия осуществления выпуска оставшихся 50...40% продуктов сгорания в процессе принудительного выпуска выбирают оптимальным, т.е. на 0,01...0,015 МПа превышает давление в выпускном трубопроводе и закрытие выпускного отверстия на 10...30 град. после ВМТ. Качество очистки рабочей камеры цилиндра оценивается коэффициентом остаточных газов равным 0,02...0,03.

Проведенные результаты расчета при выборе инженерных решений и их анализ показывают:

- увеличение величины коэффициента избытка воздуха с 1,0 до 1,8 повышает отрицательную работу в процессе принудительного выпуска всех продуктов сгорания при перемещении поршня от НМТ до ВМТ на 75%;
- увеличение величины момента опережения открытия выпускного отверстия с 30 до 75 град. до прихода поршня в НМТ, позволяет повысить положительную работу (60% продуктов сгорания) в процессе свободного выпуска на 68,7%;
- увеличение величины момента опережения открытия выпускного отверстия с 30 до 75 град. до прихода поршня в НМТ, при этом отрицательная работа (40% продуктов сгорания) в процессе принудительного выпуска повышается на 8,1%;
- инженерные решения органов выпуска позволяют повысить величину внутренней энергии рабочего тела на 10,1% за счет утилизации энергии от (60% отработавших газов) в процессе свободного выпуска из рабочей камеры цилиндра в процессе выпуска поршневого *COD* [2].

Библиографический список

1. Двигатели внутреннего сгорания: теория поршневого и комбинированных двигателей / под ред. А.С. Орлина, М.Т. Круглова. – М.: Машиностроение 1998. – 450 с.
2. Захаров, Л.А. Современный поршневой ДВС с перспективными энергетическими, экономическими и экологическими показателями, полученными за счет повышения внутренней энергии рабочего тела / Л.А. Захаров, А.Н. Тарасов, В.Л. Химич [и др.] // ААИ. – 2013. – №2(79). – С. 14–20.

УДК 621.432.2

БУЗИКОВ Ш.В., КОЗЛОВ И.С.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ ДИЗЕЛЯ Д-245.5S2 НА СМЕСЯХ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА С РАПСОВЫМ МАСЛОМ

Вятский государственный университет, г. Киров

В данный момент времени рапсовое масло (РМ), полученное из растительной биомассы, можно поправу назвать одним из видов моторного топлива, применяемого для дизелей [1, 2].

Применение рапсового масла взамен традиционного топлива в качестве альтернативного или же в смеси с дизельным топливом (ДТ) позволяет удовлетворить энергетические потребности без значительного ущерба окружающей среде [1, 2]. В связи с этим, экологический аспект является основным и единственным обуславливающим необходимость применения рапсового масла в качестве альтернативного топлива [2].

Прежде всего рапсовое масло – это масло, полученное из сельскохозяйственной культуры рапса путем прессования или прямого отжима, химически не модифицированное, используемое в качестве альтернативного топлива [1, 2].

Свойствами рапсового масла, влияющими на процессы, происходящие в системе питания дизеля, являются плотность, кинематическая и динамическая вязкость, поверхностное натяжение и коэффициент сжимаемости [1, 3, 4, 5].

Рапсовое масло представляет собой смесь моно-, ди- и триацилглицеринов, содержащих молекулы высших алифатических кислот. Эти кислоты представляют собой высокомолекулярные кислородсодержащие соединения с углеводородным основанием, связанным с

молекулой глицерина [6, 7]. Чем обуславливаются высокие значения кинематической и динамической вязкости, а также их параболическая зависимость от температуры.

На протяжении нескольких лет в рамках договора о научно-техническом сотрудничестве между Вятским государственным университетом (ВятГУ) и Белорусской государственной сельскохозяйственной академией (БГСХА) исследуется применение рапсового масла как в чистом виде, так и в смеси с дизельным топливом [8, 9]. На сегодняшний день проводятся исследования по определению показателей работы топливной аппаратуры при использовании различных концентраций смесей рапсового масла с дизельным топливом.

Из проделанной работы можно сделать следующие выводы:

1. В ходе анализа был рассмотрен целый ряд топливных присадок различного функционального назначения, имеющих определенный набор преимуществ и недостатков. На основе этого выбрана присадка, имеющая наибольшую способность к снижению кинематической и динамической вязкости смеси рапсового масла и дизельного топлива.

2. Использование смеси рапсового масла и дизельного топлива не вызывает отказов и заметных изменений в работе топливной аппаратуры дизеля Д-245.5S2.

3. Снижение цикловой подачи при работе ТНВД на смеси ДТ и РМ может быть компенсировано увеличением активного хода плунжера.

4. При пуске дизеля и работе на холостом ходу на смеси ДТ и РМ при концентрациях (50% ДТ и 50% РМ; а также 25% РМ и 75% ДТ) неравномерность подачи смеси по секциям ТНВД увеличилась до 10,0...10,5 % и до 18,6% соответственно.

5. При работе дизеля на номинальной частоте вращения коленчатого вала и режиме максимального крутящего момента при концентрациях (50% ДТ и 50% РМ; а также 25% РМ и 75% ДТ) неравномерность уменьшилась до 6,9...7,1 % и 3,1...4,8 % соответственно.

6. Для обеспечения стабильной работы дизеля на смеси рапсового масла и дизельного топлива необходимо внесение конструктивных изменений в систему питания дизеля.

Библиографический список

1. **Плотников, С.А.** Определение оптимальных регулировок системы топливоподачи двигателя 4Ч 11,0/12,5 при работе на смесях рапсового масла с дизельным топливом / С.А. Плотников, А.Н. Карташевич, П.Н. Черемисинов // ОБЩЕСТВО. НАУКА. ИННОВАЦИИ (НПК-2017): сб. ст. Всероссийская ежегодная научно-практическая конференция. Вятский государственный университет. – 2017. – С. 1841-1847.
2. **Плотников, С.А.** Исследование свойств альтернативных топлив на основе рапсового масла / С.А. Плотников, П.Н. Черемисинов // ОБЩЕСТВО. НАУКА. ИННОВАЦИИ (НПК-2017): сб. ст. Всероссийская ежегодная научно-практическая конференция. Вятский государственный университет. 2017. – С. 1875–1881.
3. **Плотников, С.А.** Применение этанолсодержащих топлив в дизеле. Ч. I. / С.А. Плотников, А.Н. Карташевич, Г.Н. Гурков. – Киров: Типография "Авангард", 2011. – 116 с.
4. **Plotnikov, S.A.** Development of diesel-engine bio-fuel supply-line components and systems / S.A. Plotnikov, A.N. Kartashevich, E.A. Kuimov // Procedia Engineering Ser. "International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2017" 2017. – С. 1648–1653.
5. **Плотников, С.А.** Улучшение смесей дизельного топлива с рапсовым маслом для использования в тракторных дизелях / С.А. Плотников, А.Н. Карташевич, П.Н. Черемисинов // Двигателестроение. – 2017. – № 4 (270). – С. 21–24.
6. **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.
7. **Плотников, С.А.** Исследование работы автотракторного дизеля 4чн 11,0/12,5 на смесях дизельного топлива с рапсовым маслом / С.А. Плотников [и др.] // Молочнохозяйственный вестник. – 2017. – № 1 (25). – С. 110–118.
8. **Плотников, С.А.** Разработка методики исследования применимости растительных масел в качестве альтернативного топлива для дизелей / С.А. Плотников, Ш.В. Бузиков, И.С. Козлов // ОБЩЕСТВО. НАУКА. ИННОВАЦИИ (НПК-2017): сб. ст. Всероссийская ежегодная научно-практическая конференция. Вятский государственный университет. 2017. С. 1800-1807.
9. **Плотников, С.А.** Исследование моторных свойств рапсового масла // ОБЩЕСТВО. НАУКА. ИННОВАЦИИ (НПК-2017): сб. ст. Всероссийская ежегодная научно-практическая конференция. Вятский государственный университет. – 2017. – С. 1808–1816.

МЕТОД СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ СУДНА ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Тепловой насос – это система, с помощью которой можно переносить тепло от менее нагретого тела к более нагретому, увеличивая температуру последнего. Тепловые насосы являются альтернативными источниками энергии, позволяющими получать дешевое тепло без вреда для окружающей среды.

Эффективное замещение в топливном балансе систем судового теплоснабжения ископаемых видов топлива на практически неисчерпаемые ресурсы низкопотенциального тепла возобновляемых и вторичных источников с использованием ТН является актуальным направлением энергосбережения и охраны окружающей среды. Тепловая мощность действующего в мире парка ТН различного типа оценивается в 250 ГВт с годовой выработкой теплоты 1,0 млрд Гкал, что соответствует замещению органического топлива в объеме до 80 млн т/год. Кроме того, из-за высокой энерговооруженности добывающих судов возникают затруднения с размещением утилизационных котлов на ограниченной площади машинно-котельных отделений.

При использовании теплового насоса возможен отказ от работы вспомогательной котельной установки на ходовом и, возможно, стояночном режимах судна, а следовательно, есть возможность понизить загрязнение окружающей среды токсичными компонентами уходящих дымовых газов и сэкономить невозобновляемые источники энергии. И, как итог, снизить затраты на отопление помещений судна высокопотенциальным основным источником тепла за счет использования дополнительно низкопотенциального источника тепла. Эффективность теплового насоса возрастет, если в летний период он будет покрывать одновременно холодильную нагрузку (например, для кондиционирования) и тепловую нагрузку для горячего водоснабжения.

Тепловые насосы перекачивают рассеянную тепловую энергию земли, воды или воздуха в относительно высокопотенциальное тепло для отопления объекта. Примерно 75% отопительной энергии можно собрать бесплатно из природы: грунта, воды, воздуха и только 25% энергии необходимо затратить для работы самого теплового насоса. Таким образом, применяя тепловой насос, можно теоретически экономить до 3/4 средств, которые тратятся на дизтопливо, газ или электроэнергию, требуемые для котельной установки.

Высокая стоимость теплового насоса (что значительно превышает стоимость котельной вспомогательной установка на начальном этапе) обусловлена более высоким гарантийным сроком службы в 20 раз и более, а применение низкопотенциальных источников тепла позволяет полностью окупить высокие затраты на начальном этапе за пять-десять лет. При полном же сроке эксплуатации экономическая выгода при использовании теплового насоса вместо котла будет составлять до 30-50%.

Сложность регулирования тепловых нагрузок в течение суток и сезона предъявляет повышенные требования к системам управления тепловым насосом. Современные тепловые насосы позволяют регулировать тепловую нагрузку в диапазоне 10–100 % благодаря изменению положения регулирующих аппаратов перед ступенями компрессора. Для создания современных тепловых насосов большой мощности необходимо несколько сопутствующих факторов: государственная программа целевого финансирования; законодательство, стимулирующее применение энергосберегающего и экологически чистого оборудования; уровень цен на энергетические ресурсы, вынуждающий потребителей внедрять энергосберегающую технику.

В условиях относительно низких цен на природный газ эффективным может стать проект создания теплового насоса с газотурбинным приводом и утилизацией тепла в котле-утилизаторе.

АППАРАТЫ «ИСКУССТВЕННОЕ СЕРДЦЕ» НА БАЗЕ ДВИГАТЕЛЯ СТИРЛИНГА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Создание аппарата, способного заменить человеческое сердце, требует применения самых современных методов проектирования и проведения научных исследований. На сегодняшний день при проектировании широкое распространение получили различные численные методики, основанные на анализе течения газов с использованием газодинамических пакетов (Ansys CFX, Numeca FineTurbo и др.). Однако традиционные численные методы, применяемые при проектировании двигателей Стирлинга, такие как термодинамический расчет, ввиду ряда упрощений и допущений, не отражают реальную газодинамику потока и, соответственно, вносят погрешность в оценку внедряемых конструкторских решений.

Двигатели Стирлинга небольшой мощности (10-500 Вт) с КПД 10-20% могут быть выполнены со свободными поршнями. В качестве источника энергии в них можно использовать радиоизотопы. Подобные двигатели отличаются высокой надежностью и поэтому могут применяться в установках типа искусственное сердце, автономных радиомаяках, приборах электроники и пневмоники [1].

Системы искусственного кровообращения с циркуляционным насосом должны быть небольшими и компактными [2]. Малоразмерные двигатели Стирлинга отличаются большими тепловыми потерями, которые ведут к снижению КПД. В силу этого в аппаратах искусственное сердце применяются радиоизотопы, в основном плутоний-238, который при распаде выделяет большое количество тепла в теплоизолированную капсулу и может обеспечить тепловыделения, необходимые для выполнения человеком тяжелой физической работы. Часть энергии, выделяемой радиоизотопным источником, запасается в тепловом аккумуляторе, который получает тепло от топливной капсулы во время работы на облегченных режимах двигателя и снабжает его теплом дополнительно в периоды, когда требуется повышенная мощность [3].

Объект исследования: малоразмерный двигатель Стирлинга.

Предмет исследования: тепловой расчет цикла Стирлинга.

Цель исследования: аналитический обзор технических средств для проведения стендовых исследовательских испытаний малоразмерных двигателей Стирлинга.

Библиографический список

1. Двигатели Стирлинга / В.Н. Даниличев [и др.]. – М.: Машиностроение, 1977.
2. Сокр. пер. с англ. Б.В. Стругина и Н.В. Стругина.: Машиностроение, 1985. –408 с.
3. **Martini, W.R.** White.: Development of a simplified Stirling engine to power circulatory assist devices / W.R. Martini, R.P. Jonston, R.B. Goranson, M.M. White // IEGEG, 1968.

РЕГУЛИРОВАНИЕ ПОДАЧИ ГЕНЕРАТОРНОГО ГАЗА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТАБИЛЬНОЙ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЯ 1Ч 6,8/5,4

Вятский государственный университет, г. Киров

С ростом мировых цен на нефть происходит рост стоимости товарного топлива и на внутреннем рынке России. Повышение цен на бензин вызывает рост и на производные природного газа. Это вызывает повышенный интерес к генераторному газу как к альтернативе бензину и природному газу.

Проведенные исследования показывают [1] необходимость изменения системы питания двигателя при переводе на генераторный газ, что обусловлено с его низкой теплотой

сгорания [2] и необходимостью увеличению объема и регулирования состава топлива. Объем подаваемого в цилиндр топлива зависит от развиваемой мощности, вида топлива и от его состояния: жидкого или газообразного. В случае использования смесового топлива (комбинации различных видов топлив) его суммарный объем меняется в зависимости от процентного содержания его составляющих.

При работе двигателя на генераторном газе образование топливной смеси генераторного газа и воздуха происходит в смесителе. Количество поступившей смеси в двигатель обычно регулируется дроссельной заслонкой, а качество смеси – воздушной заслонкой, которая изменяет количество поступающего в смеситель воздуха.

Для получения постоянного заданного качественного состава топливо-воздушной смеси необходимо соединить дроссельную и воздушную заслонку, например, жесткими тягами. При этом будет наблюдаться линейная зависимость угла открытия воздушной и дроссельной заслонок. Для устойчивой работы ДВС требуется наличие кинематической связи между дроссельной и воздушной заслонкой с целью линейного подвода теплоты в цилиндры в зависимости от углового положения дроссельной заслонки.

Существует много различных решений данной задачи, но любое из них требует введения промежуточного звена. Исключением является эллиптическая передача с гибкой не растяжимой связью в приводе заслонок.

Задавая соотношение радиусов эллипсов, радиальный эксцентриситет, а также начальное взаимное положение эллипсов, можно получить различный качественный состав смеси при разных углах открытия дроссельной заслонки.

Библиографический список

1. **Плотников, С.А.** Исследование электростанции, работающей на альтернативном топливе. Улучшение эксплуатационных показателей сельскохозяйственной энергетики / Плотников С.А., Зубакин А.С., Коротков А.Н. // Мат. IX между. науч.-практ. конф. «Наука-Технология-Ресурсосбережение». - Киров, 2016. – С. 220–224.
2. **Плотников, С.А.** Определение количественных характеристик двигателя бытовой электростанции при использовании генераторного газа в качестве альтернативного топлива / С.А. Плотников [и др.] // Проблемы региональной энергетики [Электронный ресурс]. – 2017. – № 2 (34). – С. 105–111.

УДК 621.436

ЗУБАКИН А.С.

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРА ТЕПЛОВЫДЕЛЕНИЯ В ДВИГАТЕЛЕ 1С 6,8/5,4 ПРИ РАБОТЕ С ДОБАВКАМИ ГЕНЕРАТОРНОГО ГАЗА

Вятский государственный университет, г. Киров

Работа двигателя на генераторном газе сопровождается снижением развиваемой мощности до 50% [1], Для компенсации этого было предложено добавлять бензин в смесь генераторного газа и воздуха. Проведенные исследования подтвердили предположения. Также экспериментальным путем определено оптимальное соотношение: 30% генераторного газа и 70% бензина. При таком соотношении падение мощности составило 10-15% в зависимости от режимов. Но более глубокий анализ исследований, выявил необходимость изучения характера тепловыделения при работе на смеси бензина и генераторного газа. Характеристики тепловыделения строились на основании индикаторных диаграмм.

Анализ характеристик тепловыделения показывает значительное увеличение времени горения ГГ по сравнению бензином, почти на 76%. Так, при нахождении поршня в ВМТ доля выделившегося тепла χ для бензина составляет 0,39, для чистого ГГ - 0,34 и для смеси 70% ГГ и 30% бензина - 0,37, соответственно. Снижение скорости горения и тепловыделения двигателя при работе на генераторном газе объясняется медленным окислением топлива, а также большим количеством азота в составе топлива, который дополнительно замедляет окисление.

Замедление скорости горения и тепловыделения объясняют снижение значений максимальной осредненной температуры цикла. Так, при работе на чистом бензине $T_z = 2540$ К, при работе на чистом ГГ $T_z = 2230$ К, а в случае работы на смеси 70% ГГ и 30% бензина $T_z = 2360$ К.

Анализ индикаторных диаграмм и характеристик тепловыделения подтверждают достоверность данных стендовых испытаний двигателя.

Основываясь на проведенных исследованиях и выше приведенных данных и анализе графиков можно сделать следующие выводы:

1. Замена бензина генераторным газом возможна, при этом происходит падение мощности до 50%. Для устранения этого недостатка требуется модернизация двигателя.
2. Для компенсации падения мощности, предлагаем использовать генераторный газ как добавку к бензину до 30%, т.е. получить смешанное топливо, при этом падение мощности до 15%, что допустимо.

Библиографический список

1. **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.
2. **Плотников, С.А.** Определение количественных характеристик двигателя бытовой электростанции при использовании генераторного газа в качестве альтернативного топлива / С.А. Плотников [и др.] // Проблемы региональной энергетики [Электронный ресурс]. – 2017. – № 2 (34). – С. 105–111

УДК 621.542

КРАЙНОВ А.А., ХРУНКОВ С.Н.

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ 3D ПЕЧАТИ ДЛЯ ПРОТОТИПИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ МАЛОРАЗМЕРНОГО ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ТУРБИННОГО ПРИВОДА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В НГТУ им. Р.Е. Алексеева на кафедре «Энергетические установки и тепловые двигатели» создан модельный ряд пневматических шлифовальных машин [1] с инновационной кинематической схемой двухступенчатого турбинного привода по [2]. В ходе комплекса испытаний была доказана ее эффективность. Однако не менее важным преимуществом этой схемы является ее технологичность. Так как детали пневматического привода не подвержены температурным и высоким механическим нагрузкам, кроме центробежных, целесообразно рассмотреть в качестве материала для их изготовления какой-либо высокопрочный пластик, например полиамид. В силу того, что оба лопаточных венца турбины являются радиальными, возможно изготовление данной детали методом литья под давлением в прессформу, что обеспечит низкую себестоимость при массовом производстве.

С точки зрения единичного производства, в том числе для исследовательских целей, наиболее обоснованным является изготовление деталей пневматического привода методом 3D-печати. В настоящее время имеется несколько основных методов печати:

1. FDM (fused deposition modeling) – метод послойного наплавления - является наиболее распространенным за счет крайне низкой стоимости печатающего оборудования. Однако, не всегда возможно получить в итоге качественное изделие с точки зрения прочности, точности изготовления и шероховатости торцевых поверхностей.
2. Методы CJP (color jet printing) и MJP (multi jet printing) – полноцветная и многоструйная печати – идеально подходят для архитектурных работ.
3. Методы SLA (stereolithography apparatus) и DLP (digital light processing) принципиально схожи, обеспечивают приемлемую в большинстве задач точность и прочность.
4. Методы SLS (selective laser sintering) – селективное лазерное спекание, в том числе

металлического порошка. Особенностью является принципиальное наличие высокой шероховатости поверхностей.

Из всех представленных методов, наиболее подходит для задачи создания работающих прототипов вращающихся элементов воздушного турбинного привода метод SLA. Он обеспечивает требуемую точность и наименьшую стоимость конечного изделия.

Объект исследования: малоразмерный пневматический турбинный привод.

Предмет исследования: особенности изготовления рабочих колес турбины методом 3D-печати.

Цель исследования: аналитический обзор методов 3D-моделирования и печати из ABS пластика и высокопрочных материалов для прототипирования деталей малоразмерного турбинного привода.

Библиографический список

1. **Хрунков, С.Н.** Экспериментальные исследования влияния степени парциальности центростремительной ступени на комплексную эффективность малоразмерного турбинного привода / С.Н.Хрунков, А.А. Крайнов // Транспортные системы. – 2017. – № 2(5). – С. 55–59.
2. **Kuznetsov, Y.P.** Radial two-stage microturbine for pneumatic actuation / Y.P. Kuznetsov [et al.] // Russian Aeronautics. – 2016. – Т. 59. – № 2. – С. 283–286.

УДК 621.542

КРАЙНОВ А.А., ХРУНКОВ С.Н.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РЕГУЛЯТОРОВ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ РОТОРОВ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ШЛИФОВАЛЬНЫХ МАШИН С ТУРБИНЫМ ПРИВОДОМ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

При разработке современного высокооборотного пневматического шлифовального инструмента с турбинным приводом, кроме эффективности и технологичности элементов конструкции, опор вала и запорной арматуры, особое внимание уделяется регулятору частоты вращения ротора (ЧВР) и его надежности.

Особенностью воздушных турбин диаметром от 40 до 90 мм является то, что максимальные мощность и коэффициент полезного действия приходится на относительно высокие частоты вращения (при сравнении с ротационно-пластинчатым типом привода) – более 30 000 1/мин. Обороты холостого хода при данных условиях могут составить порядка 60 000...90 000 1/мин.

С учетом того, что, зачастую, элементы современной пневматической шлифовальной машины выполнены из пластмасс и других полимеров [1], в случае отказа регулятора и выхода на обороты холостого хода, многие детали ротора могут не выдержать центробежных сил и привести к частичному или полному разрушению систем привода. Особенно опасна ситуация, при которой от действия центробежных сил разрушается связка абразивной шлифовальной головки инструмента. Абразив, отделившись от оправки, вылетает с высокой скоростью в помещение, что категорически неприемлемо с точки зрения охраны труда.

Действие большинства регуляторов основано на реализации принципа отрицательной обратной связи между площадью сечения канала, предназначенного для прохода воздуха через энергетический модуль, и частотой вращения ротора. Регулятор формирует внешнюю характеристику турбины $N = f(n)$ (где N – мощность, n – число оборотов в минуту), делая ее правую ветвь круто ниспадающей, что автоматически обеспечивает стабильность ЧВР под изменяющейся нагрузкой, одновременно с этим он ограничивает и обороты холостого хода. Кроме того, применение регулятора обуславливает значительную экономию сжатого воздуха, поскольку расход воздуха через двигатель регулируется в зависимости от прилагаемого к

инструменту усилия, а регулятор снижает потребление воздуха на холостом ходу на порядок по отношению к номинальному режиму работы [2].

Объект исследования: малоразмерный пневматический турбинный привод.

Предмет исследования: особенности проектирования регуляторов частоты вращения для пневматических воздушных турбин.

Цель исследования: выбор наиболее рационального принципиального метода регулирования частоты вращения ротора, а также обоснование его конструкции.

Библиографический список

1. **Воеводин, А.Г.** Совершенствование радиальной центробежной турбины в составе пневматической ручной шлифовальной машины / А.Г. Воеводин [и др.] // Современные технологии в кораблестроительном и авиационном образовании, науке и производстве: сб. докл. конф. – Н.Новгород. – 2016. – С. 311–317.
2. **Khimich, V.L.** Maximum rotation frequency regulators of high-speed small-sized pneumatic actuators / V.L. Khimich, A.B.Chuvakov, S.N. Khrunkov // International Journal of Applied Engineering Research. – 2016. – V.11, Issue 18. – P. 9256–9260.

УДК 621.43.068:621.431

ЛАПТЕВ Н.А., РУЖЬЕВ А.С., МАЛЬЦЕВ А.К.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНОГО ГАЗА В СУДОВЫХ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ

Волжский государственный университет водного транспорта

В последнее время на мировых рынках наметилась тенденция роста цен на топливо, поэтому для уменьшения эксплуатационных расходов судовые двигатели переводят на высоковязкие сорта топлива, имеющие более низкую стоимость. Однако при сжигании тяжелых сортов топлива увеличивается количество вредных выбросов с отработавшими газами (далее ОГ) в окружающую среду.

При анализе состава ОГ используются два основных понятия: токсичность и дымность ОГ. Токсичность определяется количеством вредных компонентов входящих в состав ОГ, дымность - наличием в составе ОГ сажи, жидких и твердых аэрозольных частиц.

При сжигании в судовых дизелях углеводородных топлив в окружающую среду с ОГ выбрасываются компоненты, которые можно условно разделить на особо вредные и нейтральные. В общем составе ОГ нейтральные занимают 99,75% объема (N_2 , CO_2 , O_2 , H_2O). Остальные 0,25% включают в себя наиболее токсичные составляющие – оксиды азота NO_x , серы SO_x , угарный газ CO , углеводороды S_xH_y и твердые частицы (сажа, зола). Для одновременного снижения токсичности и дымности выбросов ОГ требуются различные, иногда не совместимые методы, что существенно затрудняет снижение вредного воздействия выбросов с ОГ.

Одним из перспективных направлений улучшения параметров токсичности и дымности и повышения технико-экономических показателей судовых дизелей является использование в качестве топлива природного газа. Это позволит уменьшить содержание вредных составляющих в ОГ и повысить ресурс деталей цилиндрико-поршневой группы.

В настоящее время многие автомобильные двигатели успешно работают на газовом топливе, но в судовых двигателях газовое топливо редко используется по целому ряду причин: сложность хранения газового топлива в судовых условиях, сложные условия эксплуатации в условиях качки, вибрации, маневрирования судна, сложность системы топливоподготовки и др. Вопрос использования газового топлива для питания судовых дизелей является актуальным.

В настоящее время на кафедре ЭСЭУ ВГУВТ ведутся экспериментальные исследования по переводу дизелей 6Ч 18/22 одного из судов судоходной компании ООО «Ока» на газовое топливо с использованием современного диагностического приборного обеспечения.

Библиографический список

1. **Гогин, А.Ф.** Судовые дизели/ А.Ф. Гогин, Е.Ф. Кивалкин, А.А. Богданов. – 4-е изд. – М.: Транспорт, 1988. – 432с.
2. **Арнольд, Л.В.** Техническая термодинамика и теплопередача / Л.В. Арнольд, Г.А. Михайловский, В.М.Селиверстов. – М.: Высшая школа, 1979. – 443 с.
3. **Ляшков, В.И.** Теоретические основы теплотехники / В.И. Ляшков. – Тамбов: Машиностроение - 1, 2008. – 319 с.
4. Тепловые двигатели и нагнетатели [Электронный ресурс]. <https://tstu.ru>

УДК 621.443

МОТОВИЛОВА М.В.

ТЕМПЕРАТУРНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ТОПЛИВО В СИСТЕМЕ ТОПЛИВОПОДАЧИ

Вятский государственный университет, г. Киров

Автомобильный транспорт является одной из основных отраслей в экономике. Применение двигателя внутреннего сгорания на автомобильном транспорте актуально, перспективно и экономически обосновано. В РФ выросла доля продаж автомобилей с дизельным двигателем за последний год. Бесперебойная работа двигателя обеспечивается правильной его эксплуатацией и обслуживанием в течение всего его ресурса. Для надежной и эффективной работы дизельного двигателя к топливу предъявляют ряд требований как в процессе его производства, так и при эксплуатации автомобиля [1].

Топливо для тепловых двигателей должно отвечать основным условиям: бесперебойно поступать в цилиндр, полностью испаряться, сгорать с максимальным количеством выделения теплоты и минимальным образованием токсических продуктов в результате сгорания.

При теоретическом обзоре и анализе передачи дополнительного тепла к топливу в системе топливоподачи выявлено влияние на процесс его сгорания в цилиндре [4-6].

Для уменьшения периода нагрева топлива до температуры его самовоспламенения в цилиндре, температуру предварительного подогрева следует увеличить и прогрев осуществлять на последнем этапе топливоподачи. При предварительном нагреве топлива до высоких температур и подачи его в цилиндры двигателя - уменьшается время на прогрев топлива до температуры самовоспламенения. За счет этого сокращается период задержки воспламенения.

При этом процесс сгорания протекает равномерно, топливо сгорает полностью. Не происходит резкого взрывного горения, давление нарастает постепенно, двигатель работает стабильно, повышается ресурс работы двигателя. Применение такого двигателя в промышленности и народном хозяйстве целесообразно и экономически выгодно [2-6].

При уменьшении периода задержки воспламенения период процесса сгорания увеличивается, топливо сгорает с максимальным количеством выделения теплоты и минимальным образованием токсических продуктов в результате сгорания, что ведет к улучшению экологических показателей выхлопных газов.

Библиографический список

1. **Plotnikov, S. A.** Development of diesel-engine bio-fuel supply-line components and systems / S. A. Plotnikov, A. N. Kartashevich, E. A. Kuimov // *Procedia Engineering*, 206 (2017). – P. 1648-1653.
2. **Плотников, С. А.** Улучшение эксплуатационных показателей дизелей путем создания новых альтернативных топлив и совершенствования топливоподающей аппаратуры // Автореф. дисс. докт. техн. наук. – Нижний Новгород: НГТУ, 2011. – 40 с.
3. **Болотов, А. К.** Конструкция тракторов и автомобилей / А. К. Болотов, А. А. Лопарев, В. И. Судницын. – М.: Машиностроение, 2006. – 304 с.
4. **Плотников, С. А.** Исследование показателей работы дизеля с термофорсированием / С. А. Плотников, Ш. В. Бузиков, В. Ф. Атаманюк // *Вестник Марийского государственного университета*. – 2015. – С 39–43.
5. **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.

6. Плотников, С. А. Исследование процесса сгорания и тепловыделения дизеля с термофорсированием / С. А. Плотников, Ш. В. Бузиков, В. Ф. Атаманюк // Тракторы и сельхозмашины. – 2014. – № 7. – С. 25–27.

УДК 621.432.2

ПЛЯГО А.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ И ДИЗЕЛЯ 4ЧН 11,0/12,5 В ЦЕЛОМ НА СПИРТСОДЕРЖАЩИХ ТОПЛИВАХ

Вятский государственный университет, г. Киров

Перспективы применения моторных нефтяных топлив и ограниченность сырья для их производства выдвигают на первый план необходимость поиска приемлемой альтернативы. Запасы нефтяного энергоресурса быстро сокращаются. Некоторые эксперты полагают, что нефтедобыча достигнет пика к 2020 году и текущие запасы нефти закончатся 2050, если не ранее. Исходя из изложенного остро стоит вопрос поиска альтернативных источников моторного топлива, как в России, так и в мире в целом.

Сейчас весь транспорт, практически, зависит от нефтяного моторного топлива, запасы которого тают не по дням, а по часам, да и рост цен на мировом рынке нефти заставляет задуматься о поиске новых решений в сфере альтернативных топлив.

Вятский государственный университет (ВятГУ) совместно с Белорусской государственной сельскохозяйственной академией (БГСХА) на протяжении нескольких лет исследует работу автотракторных дизелей на дизельном топливе (ДТ) с добавками этанола [5-6]. На кафедре проводятся исследования по созданию новой топливной композиции с максимально возможным содержанием этанола, которая сможет обеспечить работу дизельного двигателя при показателях, максимально приближенных его работе на чистом ДТ.

Из проделанной работы можно сделать следующие выводы:

1. В ходе анализа был рассмотрен еще целый ряд смесителей для различных видов топлива, компоновок двухтопливных систем, имеющих свои преимущества и недостатки. На основе этого предложена новая конструкция насоса дозатора смесового топлива, имеющая патентную новизну.

2. В настоящее время этанол является одним из перспективных альтернативных топлив для дизелей.

3. Данные проведенных исследований убедительно подтвердили возможность физической стабилизации термодинамически неустойчивых полидисперсных систем ДТ-этанол применением присадок ПАВ. В зависимости от величины физической стабильности, применение этанола-топливных эмульсий возможно, как в случае их заблаговременного приготовления, так и в случае приготовления непосредственно в топливной системе дизеля.

4. Применение ЭТЭ не вызывает отказов и заметных изменений в работе топливной аппаратуры дизеля.

5. Снижение цикловой подачи при работе ТНВД на ЭТЭ может быть компенсировано увеличением активного хода плунжера.

6. Для обеспечения стабильной работы дизеля на ЭТЭ необходимо внесение конструктивных изменений в систему питания дизеля.

7. При работе на этанола-топливной эмульсии, в соотношении 50% Дт + 50% Э, характер изменения кривых удельного расхода топлива, эффективной мощности и крутящего момента незначительно изменяется.

8. Анализ данных стендовых испытаний дизеля 4 чн 11,0/12,5 на разработанных составах ЭТЭ с содержанием до 50% этанола, показал, что оптимальным установочным углом опережения впрыскивания топлива следует считать угол $\Theta_{впр.} = 22^\circ$ до ввт.

Библиографический список

1. **Плотников, С.А.** Модернизация трактора Беларус 952 для работы на этанолосодержащих топливах / С.А. Плотников, А.В. Пляго // Актуальные проблемы гуманитарных, социальных, экономических и технических наук: мат. науч.-практ. конф. – Киров: Кировский филиал МГИУ, 2013. – С. 105–108.
2. Пат. РФ № 2639634 от 14.03.2017 Насос-дозатор смесового топлива / Плотников С.А., Карташевич А.Н., Пляго А.В., Козлов И.С., Мочалов С.В.
3. **Втюрина, М.Н.** Исследование свойств этаноло-топливных эмульсий с присадками / М.Н. Втюрина, А.В.Пляго // Транспортные системы. – 2017. – №2(5). – С. 51-54.
4. **Плотников, С.А.,** Пляго А.В. Система регулирования многотопливного дизеля // Заявка № 2013132999/049353 от 16.07.2013 на выдачу патента РФ.
5. **Плотников, С.А.** Улучшение эксплуатационных показателей тракторных дизелей применением спиртосодержащих топлив / С.А. Плотников, С.Н. Гущин. – Киров: ООО "Мини-типография Авангард", 2003. – 162 с.
6. **Плотников, С.А.** Применение этанолосодержащих топлив в дизеле. Часть I / С.А. Плотников, А.Н. Карташевич, Г.Н. Гурков. – Киров: Авангард, 2011. – 116 с.

УДК 621.43

СКАЧКОВ А.А., ЗАХАРОВ Л.А., АНДОСОВ А.Г.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И УМЕНЬШЕНИЕ РАСХОДА ТОПЛИВА ЗА СЧЕТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РАБОЧЕГО ЦИКЛА БЕНЗИНОВОГО ПОРШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

Во второй половине XX века ЗМЗ на базе двигателя третьего поколения ЗМЗ-24-01 был разработан рядный поршневой бензиновый двигатель четвертого поколения ЗМЗ-4021.10, работающий на бензине с октановым числом А-76. В комплектации Брутто он имел эффективную мощность $N_e=66,2$ кВт, коэффициент наполнения $\eta_{н.об}=0,69$, удельный расход топлива $g_e=338$ г/кВт·ч при номинальной частоте вращения $n=4500$ мин⁻¹, максимальный крутящий момент $M_e=170$ н·м при $n=2500...2700$ мин⁻¹. В комплектации Нетто его показатели понизились на 15...17% в составе транспортного средства УАЗ. Однако предъявляемые в настоящее время к энергетическим установкам в составе транспортного средства и самому транспортному средству требования, главным образом по энергетическим характеристикам и расходу энергоносителя значительно повысились.

Поэтому совместно на ЗМЗ и УМЗ были приняты инженерные решения по совершенствованию бензинового поршневого двигателя рабочим объемом $V_n=2,445$ дм³, удовлетворяющего новым требованиям. Перед началом разработки новых инженерных решений двигателя был выдвинут лозунг «Более сильный и более экономичный».

Такой улучшенный поршневой атмосферный бензиновый двигатель в составе энергетической установки в комплектации Нетто был создан и установлен на транспортное средство УАЗ. Созданный двигатель с новыми инженерными решениями значительно превосходит своего серийного предшественника по всем основным показателям [1].

В процессе выпуска:

1. Разработано инженерное решение, позволившее увеличить массу продуктов сгорания покидающих рабочую камеру цилиндра в процессе свободного выпуска на 5,2% и повысить коэффициент наполнения на 7%

В процессе наполнения:

2. Разработано инженерное решение по органам кривошипно-шатунного механизма, позволившее уменьшить прорыв рабочего тела из цилиндра в картер и картерной смеси из картера в цилиндр в три раза.

3. Разработано инженерное решение по уменьшению газодинамического сопротивления органов выпуска для повышения коэффициента наполнения на 7%.

В процессе сжатия:

4. Разработано инженерное решение по повышению фактической степени сжатия для повышения температуры в конце процесса сжатия для улучшения качества смесеобразования и быстрого сгорания.

В процессе сгорания:

5. Разработано инженерное решение позволившее заменить медно-асбестовую прокладку головки блока на металлическую и повысить геометрическую степень сжатия на 1,1 единицы.

В процессе расширения:

6. Разработано инженерное решение, позволившее увеличить выпускное отверстие и начало открытия выпускного отверстия, позволившее резко уменьшить потери эффективной работы в процессе выпуска.

Совершенствования процессов рабочего цикла позволили улучшить энергетические характеристики и уменьшить расход топлива поршневого бензинового двигателя в составе транспортного средства в комплектации Нетто на 15...17% [2].

Библиографический список

1. **Захаров, Л.А.** Современный поршневой ДВС с перспективными энергетическими, экономическими и экологическими показателями, полученными за счет повышения внутренней энергии рабочего тела / Л.А.Захаров [и др.] // ААИ. – 2013. – №2(79). – С. 14-20.
2. **Ленин, И.М.** Теория автомобильных и тракторных двигателей / И.М. Ленин. – М.: Машиностроение, 1969. – 368 с.

УДК 621.43

СКАЧКОВ А.А., ЗАХАРОВ Л.А., АНДОСОВ А.Г., МОЗОЛИН Н.Е.

ПОВЫШЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ПОЛЕЗНОЙ РАБОТЫ ЦИКЛА И МОЩНОСТИ ПОРШНЕВОГО БЕНЗИНОВОГО ДВС ЗА СЧЕТ ИНЖЕНЕРНЫХ РЕШЕНИЙ ОРГАНОВ ВПУСКА ПОДСИСТЕМЫ ГАЗООБМЕНА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В рабочей камере цилиндра поршневого ДВС: Р-4, $V_h=2,498$ дм³ осуществляется преобразование внутренней энергии, выделяющейся в результате экзотермической реакции всего кислорода рабочей камеры с введенной в нее строго определенной порции топлива, в работу, совершаемую расширяющимися от нагревания продуктами сгорания (рабочим телом).

Цикловая энергия является тем энергетическим потенциалом, который может быть частично преобразован в работу расширения рабочего тела по формулам

- развернутой индикаторной мощности:

$$Ni = \frac{\pi D^2}{4} \cdot S \cdot \eta_{н.об} \cdot \rho_b \cdot \frac{1}{\alpha \cdot l_0} \cdot Q_n \cdot \eta_i \cdot i \cdot \frac{1}{m} \cdot n \cdot \frac{1}{60}; \frac{\Delta \mathcal{E}}{c}; \quad (1)$$

- величина индикаторного КПД цикла:

$$\eta_i = \frac{Ni \cdot 1000 \cdot 3600}{gi \cdot Ni \cdot Q_n}; \quad (2)$$

- цикловая величина внутренней энергии рабочего тела:

$$Q_u = \frac{\pi D^2}{4} \cdot S \cdot \eta_{н.об} \cdot \rho_b \cdot \frac{1}{\alpha \cdot l_0} \cdot Q_n; \text{ дж.ц.1ц}; \quad (3)$$

- величина цикловой работы рабочего тела:

$$L_{i.ц.лц} = \frac{\pi D^2}{4} \cdot S \cdot \eta_{н.об} \cdot \rho_v \cdot \frac{1}{\alpha \cdot l_0} \cdot Q_n \cdot \eta_i; \text{ Н} \cdot \text{м}; \quad (4)$$

- величины коэффициента наполнения рабочей камеры цилиндра:

$$\eta_{н.об} = \frac{\varepsilon}{1 - \varepsilon} \cdot \lambda_1 \cdot \frac{p_a}{p_0} \cdot \frac{T_0}{T_0 + \Delta T + \psi' \cdot \gamma_r \cdot T_r}. \quad (5)$$

Анализ уравнений (1)–(5) и проведенные всесторонние исследования инженерных решений органов впуска подсистемы газообмена методом вычислительного эксперимента показали, что можно получить показатели двигателя: $Ne=145$ л.с (106,7 кВт) при $n = 4600$ мин⁻¹; $M_{xo}=240$ Н·м при $n=1800$ мин⁻¹ для наземного транспортного средства УАЗ[2].

Таким образом, практически можно считать, что наивыгоднейшая цикловая внутренняя энергия как энергетический потенциал, который может быть использован для получения рациональной полезной работы, зависит только от воздушного циклового заряда (G_θ) и степени насыщения его топливом (α);

– воздушный цикловой заряд определяется объемом рабочей камеры цилиндра ($V_a, \text{м}^3$), а также объемным коэффициентом наполнения ($\eta_{н.об}$) и стандартной плотностью воздуха ($\rho_v, \text{кг/м}^3$);

– повышение величины индикаторного КПД, как средство повышения энергопреобразования потенциальной цикловой энергии в работу за счет снижения принципиально неустранимых и устранимых тепловых потерь действительного рабочего цикла поршневого ДВС [1].

Библиографический список

3. Двигатели внутреннего сгорания: теория поршневого и комбинированных двигателей / под. ред. А.С. Орлина, М.Т. Круглова. – М.: Машиностроение 1998. – 450 с.
4. Захаров, Л.А. Современный поршневой ДВС с перспективными энергетическими, экономическими и экологическими показателями, полученными за счет повышения внутренней энергии рабочего тела / Л.А. Захаров [и др.] // ААИ. – 2013. – №2(79). – С. 14–20.

УДК 621.432.2

СМОЛЬНИКОВ М.В.

УЛУЧШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДИЗЕЛЯ 4ЧН 11,0/12,5 ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ ЭТАНОЛСОДЕРЖАЩЕГО ТОПЛИВА

Вятский государственный университет, г. Киров

В предыдущем сельскохозяйственном сезоне в 2017 году в Российской Федерации собрали рекордный урожай зерновых и зернобобовых агрокультур за всю историю – 134,1 млн т. Этот рекорд побил предыдущий максимальный уровень урожая, который был зафиксирован еще в советское время, в 1978 году. Тогда было собрано 127,4 млн т. Для сравнения: в 2016 году урожай составил 120,7 млн т, и это был рекордный сбор для постсоветской России.

Исходя из изложенного, можно утверждать, что парк автомобилей, тракторов, самоходных машин и расход нефтяного топлива растет и будет расти. Вся техника, которая существует на рынке продаж - энергоемкая, позволяющая получать высокие результаты и выполнять поставленные задачи во всех сферах жизни. Большинство транспортных средств, занятых в сельском хозяйстве, промышленности оснащено дизельными двигателями, являющимися перспективными в машиностроении.

На сегодняшний день практически весь транспорт зависит от традиционного углеводородного топлива, производящегося из невозобновляемых природных ресурсов. Безуслов-

но, нужно шире и шире исследовать альтернативные топлива, различного состава применяемые в ДВС. Причиной такого поиска новых решений в теме альтернативных топлив становится и возможность независимости топливной энергетики России от мировой политики и цен на нефть на мировом рынке, что на сегодняшний день очень актуально.

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 этанола [1–9]. Одним из достаточно важных направлений работы является изучение концентрации токсичных и вредных веществ в отработавших газах (ОГ) при работе дизеля. Проводимые на кафедре исследования ставили собой целью создание топлив с возможно максимальным содержанием этанола, обеспечивающих работу дизеля с показателями, идентичными его работе на ДТ.

Результаты исследований позволяют сделать следующие выводы:

1. В настоящее время этанол является одним из перспективных альтернативных топлив для дизелей.

2. Необходимая стабильность этанола – топливных эмульсий (ЭТЭ) может быть достигнута введением присадок на основе алкенилсукцинимидов.

3. Работа ТПА на ЭТЭ с содержанием до 40% этанола не вызывает отказов в ее работе. Снижение $q_{ц}$ на 9% может быть компенсировано увеличением активного хода плунжера. В целом желательна модернизация системы питания.

4. При работе дизеля на ЭТЭ с содержанием этанола до 40% оптимальным установочным углом опережения впрыскивания следует считать угол $\Theta_{впр.} = 22^\circ$ до ввт.

5. Работа дизеля на ЭТЭ с добавками 20% и 40% этанола позволяет сократить расход ДТ, соответственно, на 21,5 и 58,5%. При этом значения эффективных показателей снижаются на 10,8 - 19,7%.

6. Работа дизеля на ЭТЭ с содержанием 40% этанола позволяет снизить эмиссию в ОГ дизеля оксидов углерода CO в 2,5 раза, диоксидов углерода CO₂ на 21%, суммарных оксидов азота NO_x в 4,6 раза и частиц сажи в 7 раз. Вместе с тем, имеет рост эмиссии несгоревших полициклических углеводородов C_xH_y в ОГ дизеля в 2,4 раза.

7. Работа трактора на топливах с добавками этанола и 3 передаче I диапазона не снижает энергетического КПД МТА в сравнении с его работой на ДТ. Увеличение глубины вспышки с 20 см до 25 см ведет к повышению энергетического КПД МТА.

8. Применение ЭТЭ в качестве моторного топлива позволяет снизить ущерб наносимый ОГ окружающей среде в объеме 9372 руб. из расчета на 1 трактор в год.

Основной преградой на пути использования ЭТЭ является их высокая стоимость, в среднем, в два раза дороже нефтяного топлива. В настоящее время наметилась тенденция к увеличению нефтяного топлива до 50 руб. за литр. Необходимо иметь в виду, что цена – категория экономическая и, по мере роста объемов производства, цена на этанол снизится ниже уровня нефтяных топлив.

Библиографический список

1. Плотников, С.А. Модернизация системы питания тракторного дизеля 4ЧН 11,0/12,5 для работы на этанола-топливной эмульсии / С.А. Плотников [и др.] // Молочнохозяйственный вестник. – 2017. – № 2. – С. 110–118.
2. Плотников, С.А. Исследование свойств новых топлив на основе этанола / С.А. Плотников, А.Н. Карташевич, М.В. Смольников // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 1. – С. 114–117.
3. Плотников, С.А. Оценка экологической эффективности применения этанола в качестве альтернативного топлива / С.А. Плотников, М.В. Смольников // 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. 93-97.
4. Пат. РФ № 2565383, МКИ⁷F02D 1/04, 1/10. Система регулирования многотопливного дизеля / Плотников С.А., Смольников М.В. – 4 с.
5. Пат. РФ № 2637904, МКИ⁷B01F 7/24. Смеситель топлив / Плотников С.А., Карташевич А.Н., Смольников М.В., Черемисинов П.Н., Мельников К.П. – 3 с.

6. **Плотников, С.А.** Улучшение эксплуатационных показателей тракторных дизелей применением спиртосодержащих топлив / С.А. Плотников, С.Н. Гушин. – Киров: ООО "Мини-ти-пография Авангард", 2003. – 162 с.
7. **Плотников, С.А.** Исследование показателей работы дизеля 4Ч 11,0/12,5, работающего на этанолсодержащем топливе / С.А. Плотников, М.В. Смольников // Будущее технической науки: сборник материалов XVI Международной молодежной научно-техн. конф.; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2017. – С. 409–410.
8. **Плотников, С.А.** Применение этанолсодержащих топлив в дизеле. Ч. I / С.А. Плотников, А.Н. Карташевич, Г.Н. Гурков. – Киров: Типография "Авангард", 2011. – 116 с.
9. **Плотников, С.А.** Исследование энергетических показателей трактора Беларус-922 при работе на топливе с добавками этанола / С.А. Плотников, А.Н. Карташевич, М.В. Смольников // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2018. – № 1 (120). – С. 223–228.
10. **Плотников С.А.,** Ланских Ю.В., Подгорный В.А., Смольников М.В., Черемисинов П.Н. Программа расчета экономической эффективности применения альтернативных топлив в ДВС («РЭЭПАТ-ДВС»). // Свидетельство об офиц. регистр. прогр. для ЭВМ № 2018612815 от 28.02.2018.

УДК 621.436

ЧЕРЕМИСИНОВ П.Н.

УЛУЧШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДИЗЕЛЯ 4ЧН 11,0/12,5 ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ РАПСОВОГО МАСЛА

Вятский государственный университет, г. Киров

Использование смесей рапсового масла (РМ) с дизельным топливом (ДТ) в качестве моторного топлива для дизелей повлечет за собой определенное изменение эксплуатационных показателей его работы и показателей процесса сгорания [1].

В Вятском государственном университете (ВятГУ) были проведены испытания дизеля 4ЧН 11,0/12,5. В исследованиях использовалось дизельное топливо марки Л-0,5-40 по ГОСТ 305-82, масло М-10Г₂ по ГОСТ 8581-78, рапсовое масло холодного отжима и присадки к топливу [2].

На *первом* этапе производились теоретические расчеты максимальной кинематической вязкости топливной композиции, при которой нет риска для работы дизеля и топливной аппаратуры. Определялись влияния широкодоступных присадок на свойства смеси топлив. Оптимизировался состав топливной композиции.

Определена депрессорная присадка, дающая наилучший показатель по снижению кинематической вязкости смеси ДТ с РМ. Полученный состав топливной композиции защищен патентом РФ. Применение этой присадки дает возможность работы дизеля на смеси ДТ с РМ в процентном соотношении 55% к 45% без изменения его конструкции [3].

На *втором* этапе производились сравнительные испытания работы топливной аппаратуры дизеля на ДТ и смеси топлив. Определялись параметры работы и необходимые регулировки ТНВД. Проверка ТНВД заключалась в регулировке равномерности топливоподачи по секциям, регулировке угла начала впрыскивания топлива, цикловой подачи, а также начала действия регулятора.

Целью *третьего* этапа исследований явилось получение параметров рабочего процесса дизеля путем анализа эффективных и токсических показателей на основе скоростных и нагрузочных режимах при работе на ДТ. Был определен оптимальный установочный угол опережения впрыскивания топлива из соответствующей регулировочной характеристики [4].

На *четвертом* этапе исследовалось изменение параметров рабочего процесса, эффективных и токсических показателей дизеля на основных и нагрузочных режимах при работе на смеси топлив на основе рапсового масла.

На *пятом* этапе производились расчеты экономической эффективности применения смесевое топлива на основе ДТ и рапсового масла.

Переводя силовую установку трактора для работы на смеси рапсового масла с дизель-

ным топливом, важно сохранить мощностные и экономические показатели дизеля на уровне, установленном заводом-изготовителем. С этой целью первоначально было установлено влияние добавления рапсового масла в дизельное топливо на значения оптимального установочного угла опережения впрыскивания топлива [5].

Установлено, что оптимальный угол опережения впрыскивания топлива составляет 26°. При этом мощность дизеля равна 70,2 кВт, а удельный расход топлива – 255,6 г/кВт·ч. При уменьшении установочного угла происходит снижение эффективной мощности и увеличение удельного расхода топлива. При увеличении угла эти показатели также снижаются, но в незначительных пределах.

Библиографический список

1. **Плотников, С.А.** Исследование свойств альтернативных топлив на основе рапсового масла / С.А. Плотников, П.Н. Черемисинов ОБЩЕСТВО, НАУКА, ИННОВАЦИИ. (НПК-2017) [Электронный ресурс] // Всерос. ежегод. науч.-практ. конф.: сб. статей, 01–29 апреля 2017 г. /Вят. гос. ун-т. – Киров, 2017. – С. 1875–1882.
2. **Карташевич, А.Н.** Исследование свойств альтернативных топлив на основе рапсового масла / А.Н.Карташевич, С.А. Плотников, П.Н. Черемисинов // Вестник. – 2017. – №3. – С. 144–147.
3. **Плотников, С.А.** Исследование работы автотракторного дизеля 4Ч 11,0/12,5 на смесях дизельного топлива с рапсовым маслом / С.А.Плотников [и др.] // Молочнохозяйственный вестник. Вологодская ГМХА. – 2017. – №1(25). – С. 110–119.
4. **Плотников, С.А.** Определение оптимальных регулировок системы топливоподачи двигателя 4Ч 11,0/12,5 при работе на смесях рапсового масла с дизельным топливом. ОБЩЕСТВО, НАУКА, ИННОВАЦИИ. (НПК-2017) [Электронный ресурс] / С.А. Плотников, А.Н. Карташевич, П.Н. Черемисинов // Всерос. ежегод. науч.-практ. конф.: сб. статей, 01-29 апреля 2017 г. – Вят. гос. ун-т. – Киров, 2017. – С. 1841–1848.
5. **Плотников, С.А.** Улучшение смесей дизельного топлива с рапсовым маслом для использования в тракторных дизелях / С.А. Плотников, А.Н. Карташевич, П.Н.Черемисинов // Двигателестроение. – №4 октябрь-декабрь 2017. – Санкт-Петербург, 2017. – С. 21–25.

УДК 620.179.18

ДЕСЯТНИКОВ В.Е., СИДОРОВ А.Ю.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО СТЕНДА ВИБРАЦИОННЫМ МЕТОДОМ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

АО «ОКБМ Африкантов»

В лаборатории экспериментальной прочности, систем диагностики и металлографических исследований АО «ОКБМ Африкантов» в настоящее время для проведения испытаний различного оборудования на виброустойчивость и вибропрочность используется двухкомпонентный электромеханический вибростенд (далее вибростенд). Вибростенд предназначен для проведения вибрационных испытаний изделий массой до 1000 кг, с амплитудой колебаний до 5 мм, в частотном диапазоне 300–2100 кол/мин. Механическая часть вибростенда смонтирована в жестком литом корпусе, который установлен на специальном виброизолированном фундаменте – монолитном железобетонном блоке с массой, «гасящей» инерционные силы, возникающие при работе стенда. Частота колебаний рабочего стола плавно регулируется на ходу стенда изменением частоты вращения приводного электродвигателя.

Стенд обеспечивает на своем рабочем столе двухкомпонентную вибрацию в вертикальной плоскости, при этом каждая точка стола описывает в этой плоскости траекторию близкую к круговой. Изменение амплитуд колебаний стола вибростенда осуществляется в статике при помощи эксцентриков на приводных валах-возбудителях. Общий вид вибростенда приведен на рис. 1.

Проверка технического состояния и исследование электромеханического стенда вибродиагностическим методом с целью определения и выявления возможных неисправностей позволит определить наиболее изношенные узлы и механизмы с последующим их возможным ремонтом, либо заменой.

Цель исследований: определение фактического технического состояния вибростенда с помощью вибрационного метода неразрушающего контроля после его длительной эксплуатации.

При проведении исследований использовалась следующая аппаратура: измерительно-вычислительный комплекс (ИВК) МИС-200 с усилителем заряда МЕ-908 (ООО «НПП «Мера», Московская область, г. Мытищи). В качестве первичных преобразователей применялись пьезоакселерометры типа АР40 (ООО «Глобалтест», Нижегородская обл., г. Саров).

Исследования проводились при амплитуде колебаний стола вибростенда 0,1 мм и фиксированной частоте колебаний 20 Гц.

Производилась последовательная установка пьезоакселерометров в указанные на рис. 1 точки. Затем запускался стенд на фиксированных частотах и снималась информация на ИВК МИС-200. Обработка результатов исследований осуществлялась с помощью программного продукта WinПОС (ООО «НПП «Мера», Московская область, г. Мытищи).

Для всех точек снятие вибрационной информации производилось в вертикальной плоскости. Для точек 7 и 8 помимо вертикальной составляющей, проводилось измерения еще и в горизонтальной плоскости. Для точки 7 – измерение вибрации вдоль осей Y и X, для точки 8 – измерение вибрации вдоль осей Y и Z (рис. 1).

Этап 1. В точках 1 и 2 исследования проводились с целью определения общего уровня вибрации, возникающих в левом и правом коробах вибростенда, внутри которых нахо-

дятся ведомые приводные валы и опорные подшипники. Для данных точек контроля вибрации исследовались вероятностные функции.

Этап 2. Для точек 3-6 и 9-12 определялись фактические амплитуды виброперемещений при фиксированной амплитуде стола вибростенда.

Этап 3. В точках 7 и 8 определялись колебания вибростенда в двух плоскостях, с целью определения фактической траектории (близость к круговым движениям, точка 7) и наличия поперечных составляющих (точка 8, направление колебаний от 10 до 11 точки).

Этап 4. Для точки 9 (вертикальная составляющая) проводились исследования на фиксированных частотах для оценки устойчивой работы вибростенда во всем частотном диапазоне. Шаг по частоте колебаний принят 5 Гц. Амплитуда колебаний стола вибростенда постоянна.

Этап 5. Проведены исследования с установкой пьезоакселерометров в местах расположения опорных подшипников главного вала, с левой и с правой сторон вибростенда, с целью оценки технического состояния зубчатых зацеплений.

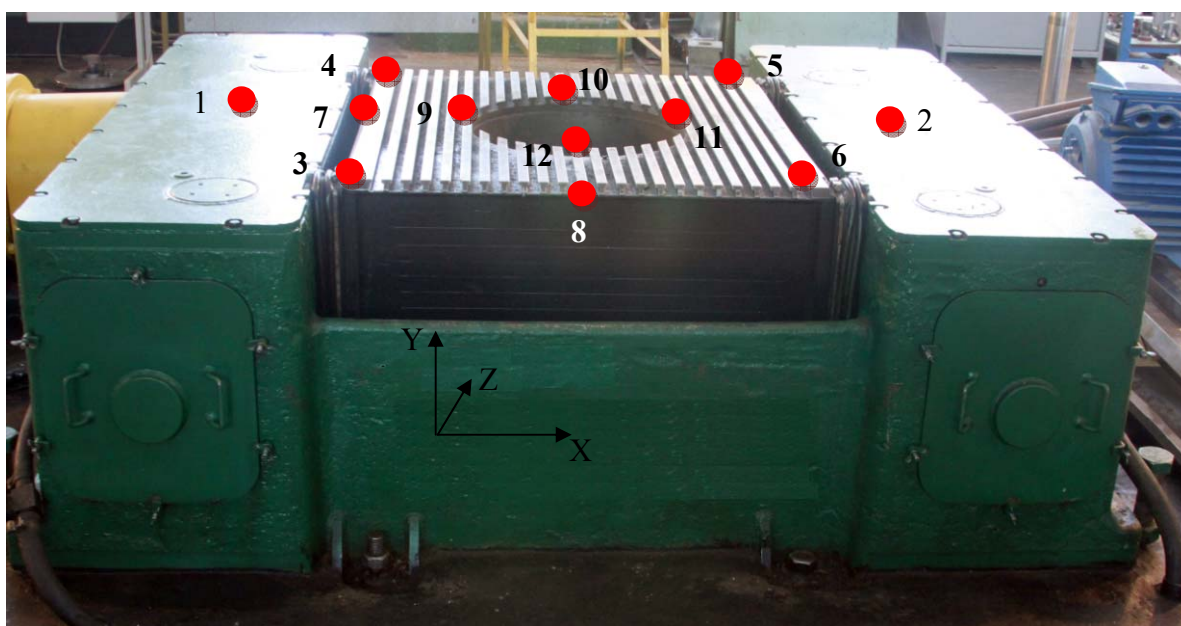


Рис. 1. Общий вид вибростенда, с указанием точек измерения вибрации

Исследований для этапов 1-3 и 5 проводились на базовой частоте 20 Гц. Для этапа 4 в диапазоне частот 5-35 Гц, с шагом по частоте 5 Гц.

Результаты исследований по этапам:

1. Были зафиксированы разные значения вероятностных характеристик левой и правой сторон вибростенда (точки 1 и 2 на рис. 1). Данные различия по общему уровню вибраций вызваны неодинаковой степенью износа зубчатых передач и опорных подшипников.

2. Все исследуемые точки (3-6 и 9-12) стола вибростенда колеблются с допустимыми погрешностями, относительно предустановленной амплитуды колебаний стола вибростенда 0,1 мм.

3. Колебания близки к круговым. Поперечная составляющая (ось Z) незначительна, менее 8%.

4. Наиболее устойчиво и с наименьшей погрешностью (менее 5%) вибростенд работает в середине частотного диапазона (10÷25 Гц). Ближе к крайним значениям своего частотного диапазона (5 Гц и 25÷35 Гц) возрастает погрешность воспроизведения по поддержанию амплитуды колебаний, но не более 15%.

5. Спектральный анализ показал наличие характерных дискретных частот, соответствующих износу зубчатых передач (шестерен).

Выводы

Вибростенд с необходимой точностью воспроизводит синусоидальные колебания в указанных ранее частотном и амплитудном диапазонах. При детальном анализе состояния вибростенда выявлены: наличие износа зубчатых передач, незначительные отклонения от синусоидального профиля во временной реализации сигналов.

- 1 Неразрушающий контроль: справочник: В 7 т. / под общ. ред. Клюева В.В.. Т. 7: В 2 кн. 1: Иванов В.И., Власов И.Э. Метод акустической эмиссии / Кн. 2: Балицкий Ф.Я., Барков А.В., Баркова Н.А. и др. Вибродиагностика. – М.: Машиностроение, 2005. – 829 с.

УДК 620.179.18

МИРОНОВ Н.А.

ВЫБОР ФОРМЫ ОБРАЗЦА С ПОМОЩЬЮ ЧИСЛЕННОГО МЕТОДА МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЕРЕД ПРОВЕДЕНИЕМ ИССЛЕДОВАНИЙ НА МНОГОЦИКЛОВУЮ УСТАЛОСТЬ

АО «ОКБМ Африкантов»

Выбор оптимальной формы образца перед проведением исследований на многоцикловую усталость для стали 08X18H10T осуществлялся с помощью расчётов методом конечных элементов исходя из следующих требований:

1. Образцы изготавливаются из трубы номинальной толщиной 4 мм.
2. Размеры образца: длина ≤ 70 мм, ширина ≤ 15 мм, толщина ≤ 4 мм.
3. Обеспечение возможности достаточно жёсткого закрепления образца на вибростенде.
4. Максимальные полные продольные деформации при изгибе должны быть равномерно распределены по ширине образца и находиться в сечении, доступном для наклейки тензодатчика.

Были приняты следующие граничные условия при численном моделировании:

- верхняя и нижняя поверхности широкой части образца закреплены по всем направлениям;
- на консоли задано смещение в вертикальном направлении (ось Y рис 2), равное 0,5 мм;

Цель работы: выбор оптимальной формы образца, определение места наклейки тензорезистора и расчет первой собственной частоты с помощью средств численного моделирования.

Результат выбора формы образца для испытаний на многоцикловую усталость после проведения численного моделирования приведён на рис. 1. Номинальная толщина образца принята равной 2 мм.

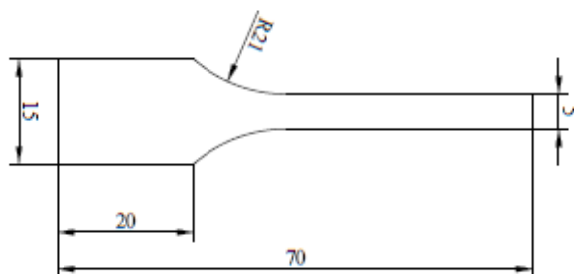


Рис. 1. Образец номинальной толщины 2,0 мм для испытаний на МнЦУ

Результат распределения полных продольных деформаций по образцу приведен на рис. 2 (по длине образца, ось Z). Из анализа результатов расчёта следует, что центр зоны равномерно распределённых по ширине образца полных продольных деформаций находится на расстоянии 38 мм от края широкой части образца, а длина этой зоны равна $\approx 7,5$ мм.

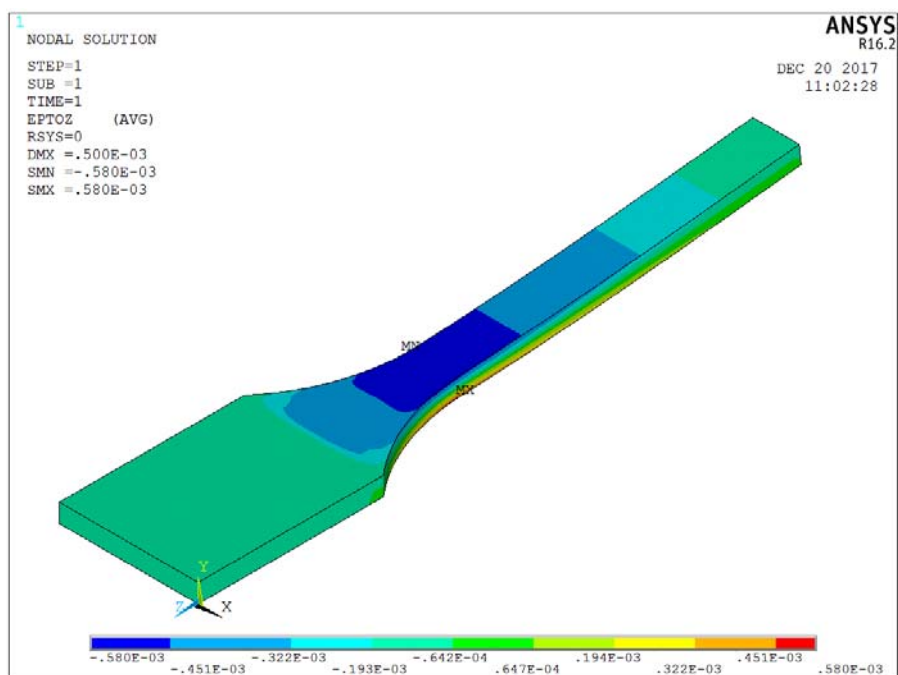


Рис. 2. Распределение полных продольных деформаций по образцу

Расчётное определение первой собственной частоты образца производилось методом конечно-элементного анализа со следующими граничными условиями: верхняя и нижняя поверхности широкой части образца закреплены по всем направлениям. В качестве конечного элемента был выбран SOLID 186. На консоли образца смоделирована присоединенная масса, имитирующая пьезоакселерометр (его установка необходима для фактического определения виброперемещений на консоли при проведении эксперимента). Диапазон расчётного определения первой собственной частоты составлял $0 \div 500$ Гц. В указанном диапазоне первая собственная частота составила 111,9 Гц.

Выводы

С помощью численного моделирования произведен выбор оптимальной формы образца, определена зона максимальных полных продольных деформаций при изгибе, равномерно распределенных по ширине образца, находящаяся на расстоянии 38 мм от края широкой части образца (место наклейки тензорезисторов), а так же осуществлен расчет первой собственной частоты с помощью программы "ANSYS". Это позволило оптимально быстро и качественно провести исследования по построению кривой многоциклового усталости для стали 08X18H10T.

1. ANSYS Программа "ANSYS". Регистрационный номер паспорта аттестации ПС № 145 от 31.10.02.

УДК 539.4.013.3:669

ОСКИРКО А.А., МЫЛЬНИКОВ В.В.

УСТАЛОСТЬ СТРОИТЕЛЬНОЙ СТАЛИ

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет

Циклические испытания механических свойств материалов имеют важное значение, поскольку большинство деталей машин и конструкций в процессе эксплуатации претерпевают воздействие знакопеременных нагрузок. Переменную нагрузку описывают с помощью закона (графика) нагружения. Нагружение может быть нерегулярным, случайным или подчиняться определенному правилу. Идентичное повторение нагрузок в течение постоянных

интервалов времени, называемых периодами, характерно для периодического нагружения, т.е. циклического. Под действием циклически изменяющихся переменных напряжений или деформаций происходит процесс постепенного накопления повреждений, приводящий к критической степени искажения кристаллической решетки в отдельных объемах (зернах) вследствие протекания микропластической деформации, к созданию локальных пиковых деформаций, имеющих возможность вызвать разрыв межатомных связей, к образованию зародышевых усталостных микротрещин их развитию и последующего разрушения материала [1-5].

В представленной работе исследованиям на циклическую прочность была подвергнута сталь марки Ст 3 – основной стали, применяемой в строительстве.

Испытания стали марки Ст3 показывает увеличение циклической прочности с уменьшением диаметра рабочей части образца, т.е. с ростом абсолютных размеров образцов наклон кривых усталости увеличивается. При этом следует отметить, что при увеличении размеров образца в области малых значений долговечности N она имеет более высокую циклическую прочность, однако, за счет более крутого наклона левой ветви кривой усталости она опускается ниже, и на базе $N = 10^5$ циклов видна заметная разница в величинах ограниченных циклов усталости.

Эксперименты выявили наличие полос скольжения на поверхности образцов всех испытанных материалов. Однако оказалось, что образование этих полос зависит от масштаба образца: в больших образцах полосы скольжения более развиты и их интенсивность выше, чем в малых, что свидетельствует о более развитом поверхностном эффекте в первом случае. Это, в свою очередь, свидетельствует о более сильно развитом поперечном скольжении в поверхностном слое больших образцов. В результате оказывается, что чем сильнее развито поперечное скольжение, тем круче наклон кривых усталости к оси N .

Выводы

Таким образом, следует отметить, что шкала N связана с пластичностью. Ее уменьшение сжимает абсциссу N , и наклон кривой усталости растет, сопротивление усталости больших образцов уменьшается, по сравнению с малыми. Зарождение усталостных трещин объясняется тем, что в малых образцах полосы скольжения располагаются на большом расстоянии друг от друга, а в больших они расположены плотнее. Масштаб образцов незначительно сказывается на стабильности работы материала при знакопеременном нагружении - коэффициенты $K_{кор}$ имеют и в том, и в другом случае имеют достаточно высокие значения.

Библиографический список

1. **Терентьев, В.Ф.** Усталость металлов / В.Ф. Терентьев, С.А. Кораблева. – М.: Наука, 2015. – 256 с.
2. **Мыльников, В.В.** Прогнозирование циклической прочности и долговечности конструкционных материалов / В.В. Мыльников, Е.А. Чернышов, Д.И. Шетулов. – М.: Спутник+, 2013. – 145 с.
3. **Suresh, S.** Fatigue of metals. – Cambridge University Press, 2006. – 701 p.
4. **Хоникомб, Р.** Пластическая деформация металлов: [пер. с англ.] / Р. Хоникомб; под ред. Б.А. Любова. – М.: Из-во «Мир», 1972. – 408 с.
5. **Мак Лин, Д.** Механические свойства металлов: [пер. с англ. Л.И. Миркина] / Д. Мак Лин; под ред. Я.Б. Фридмана. – М.: Металлургия, 1965. – 432 с.

УДК 620.178.3

СИДОРОВ А.Ю., ДЕСЯТНИКОВ В.Е.

ПОСТРОЕНИЕ КРИВОЙ МНОГОЦИКЛОВОЙ УСТАЛОСТИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИСПЫТАНИЙ ЛАБОРАТОРНЫХ ОБРАЗЦОВ ДЛЯ СТАЛИ 08X18N10T

АО «ОКБМ Африкантов»

Объектом исследований являлись образцы, которые изготавливались из трубы стали 08X18N10T, номинальной толщиной 4 мм. По результатам численного моделирования была выбрана формы образца для испытаний на многоцикловую усталость. Номинальная толщина образца принята равной 2 мм. Количество образцов для испытаний на МнЦУ, изготовленных из одной трубы составило 8 шт.

Цель работы: построение кривой многоциклового усталости для стали 08X18H10T по результатам испытаний лабораторных образцов.

Испытания на МнЦУ проводились на электродинамическом вибростенде i220/SA1M (IMV, Япония) при температуре 20 °С и симметричном циклическом нагружении с коэффициентом асимметрии $R = -1$



Рис. 1. Фото образца №1 после испытаний

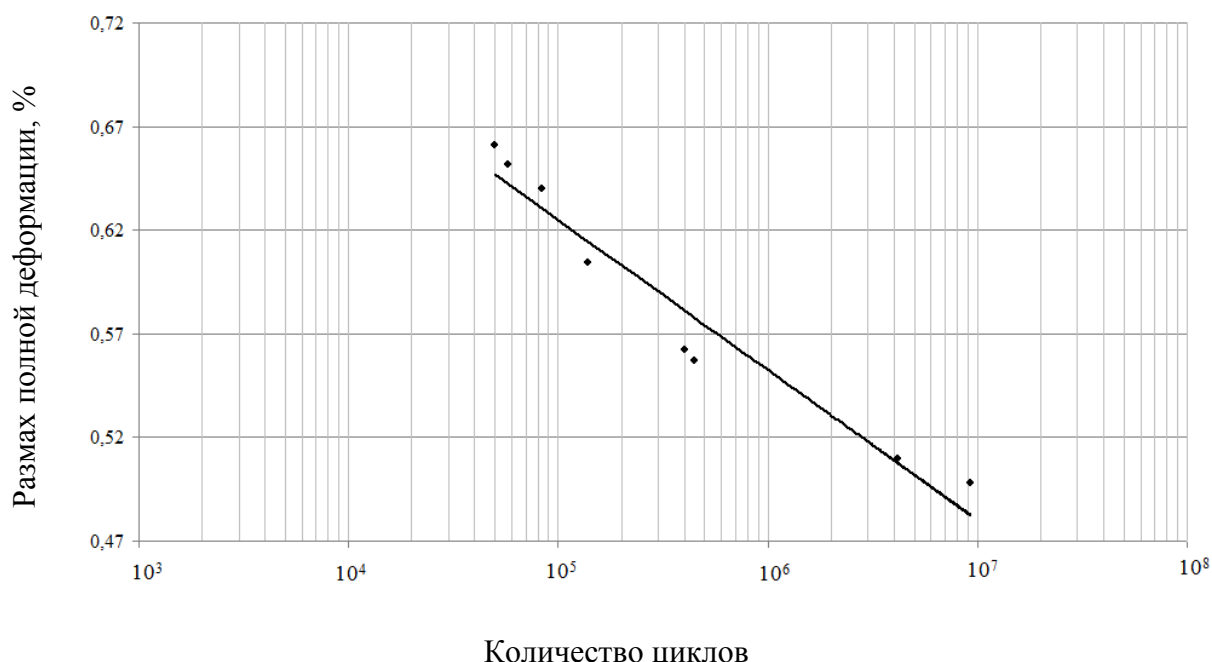


Рис. 2. Кривая многоциклового усталости образцов при температуре 20 °С для стали 08X18H10T

Для построения кривой усталости в диапазоне циклов от 10^4 до 10^7 определялись необходимые значения полных деформаций. Параметры нагружения определялись путем выполнения динамической тарировки, заключающейся в определении зависимости величины полных деформаций, возникающих в рабочей части образца, от амплитуды его колебаний. Тарировочная зависимость определялась для каждого образца.

Деформации при тарировке определялись по тензорезисторам типа FLA-5-11 наклеенным на рабочую часть каждого образца.

Регистрация показаний тензорезисторов осуществлялась универсальным тензометрическим усилителем MGCplus (HBM GmbH, Германия). Контроль необходимой амплитуды колебаний осуществлялся при помощи измерительной системы, состоящей из пьезоакселерометра типа AP40 (ООО «Глобалтест», Россия) и измерительно-вычислительного комплекса МС-200 с усилителем заряда типа ME-908 (ООО «НПП «Мера», Россия).

Необходимая амплитуда полных деформаций достигалась в образцах методом вынужденных колебаний на резонансной частоте образца.

Критерием возникновения трещины в шейке образца являлось падение амплитуды вынужденных колебаний на резонансной частоте. Испытания завершались при возникновении излома в месте образования трещины (рис. 1).

По результатам испытаний на многоцикловую усталость получены значения числа циклов до разрушения образцов в зависимости от амплитуды деформаций. По полученным данным построена кривая многоциклового усталости для стали 08Х18Н10Т, приведенная на рис. 2, где точками обозначены экспериментальные данные.

-
1. ГОСТ 25.502-79. Расчеты и испытания на прочность в машиностроении. Методы механических испытаний металлов. Методы испытаний на усталость.

УДК 621.9

АБДУРАХМАНОВ М.Р.

К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ КОКИЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ

Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева - КАИ, г. Набережные Челны, Россия

С целью предохранения формообразующей поверхности кокиля от резкого нагрева при заливке расплавленного металла и увеличения срока его эксплуатации необходимо выполнять смазку формообразующих поверхностей кокиля и металлических стержней огнеупорными материалами (специальными красками и смазками). [1]

На литейном заводе готовится несколько видов кокильных покрытий [2]:

- для покраски формообразующих поверхностей в кокиле. Состав: белила цинковые марки «БЦО», тальк молотый марки «ТМК-28», пигмент красный железистый марки «К», жидкое стекло натриевое марки «Для клеев и пропиток» и «Для литейного производства», слюда молотая марки «Флагопит» и промышленная вода;
- для покраски литниковых и прибыльных поверхностей. Состав: жидкое стекло натриевое марки «Для клеев и пропиток» и «Для литейного производства», асбест хризотилловый порошкообразный марки «АП» или «А-7-450», мел природный обогащенный марки «ММО», глина формовочная бентонитовая активированная марки «П1Т1» и «П2Т1», тальк молотый марки «ТМК-28» и промышленная вода;
- для покраски формообразующих поверхностей кокилей для литья под низким давлением. Состав: жидкое стекло натриевое марки «Для клеев и пропиток» и «Для литейного производства», белила цинковые марки «БЦО», тальк молотый марки «ТМК-28», соль поваренная пищевая и промышленная вода;
- для покраски чугунных металлопроводов для литья под низким давлением. Состав: жидкое стекло натриевое марки «Для клеев и пропиток» и «Для литейного производства», тальк молотый марки «ТМК-28», глина огнеупорная марки «ППКБ», песок кварцевый марки «2К2О3О16», глина формовочная бентонитовая активированная марки «П1Т1» и «П2Т1», криолит искусственный технический марки «КА» и промышленная вода;
- для покраски титановых металлопроводов для литья под низким давлением. Состав: жидкое стекло натриевое марки «Для клеев и пропиток» и «Для литейного производства», белила цинковые марки «БЦО» и промышленная вода;
- для покраски поверхностей с малым уклоном – применяется «Dycote II» фирмы «Fosoco» (Англия) и промышленная вода.

Все материалы, поступающие в цех, подвергаются обязательному входному контролю и должны поступать при наличии паспортов, подтверждающих соответствующее качество, литейщик обязан следить за состоянием необходимых материалов и использовать только годные технологические материалы.

Библиографический список

1. Горюнов, И.И. Пресс-формы для литья под давлением / И.И. Горюнов. – Л.: Машиностроение, 1974. – 255 с.
2. Савин, И. А. Теоретическая оценка трещиностойкости оболочковых форм точного литья, изготовленных с применением технологии низкотемпературного прокаливания / И. А. Савин, И. О. Леушин, В. А. Ульянов, Л. И. Леушина // Справочник. Инженерный журнал (с приложением). – 2015. – № 9 (222). – С. 3–5.

УДК 678.06

ВАГИЗОВ А.Г., ЯРОВАЯ Е.И.

АНАЛИЗ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПРОФИЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДИАГРАММ ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ ПОЛИМЕРОВ

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева

Сущность процесса литья под давлением (ЛПД) полимеров заключается в расплавлении и накоплении полимера в камере пластицирования, перемещении его в полость формы и затвердевании, длительность этих стадий определяет производительность процесса. Длительность технологического цикла ЛПД полимеров обуславливается, в основном, временами пластикации (40–41 %) и затвердевания (47–53 % от общего времени цикла) [1, 2]. Анализ температурных профилей при ЛПД полимеров проводился с целью выявления возможностей сокращения цикла за счет уменьшения времени пластикации. Рассматривались температурные профили полимеров АБС, ПА, ПП, предназначенные для изготовления изделий, к которым предъявляются высокие требования по термостойкости, точности, шероховатости и равномерности структуры.

Для каждого полимера, конструкции пластикатора и червяка-поршня составляется технологическая диаграмма изменения температуры и свойств (усадки, пластичности) по всем зонам пластикатора (дозирования, прессования, расплавления, инъекции) с учетом температуры плавления, которая варьируется для полимеров в интервале 100 – 300°C. Чем выше температура, тем больше усадка, достигающая 4 %. Вязко-текучее состояние согласуется с режимом ЛПД: давлением впуска (60 – 170 МПа) и выдержки (40 – 85 МПа). Считается, что современные машины ЛПД полимеров имеют высокие скорости пластицирования, согласующиеся с цикличностью процесса, но при этом поиск резервов снижения длительности цикла актуален.

В настоящее время для нагрева полимерного материала применяются нагреватели трубчатого или бандажного типа: электронагреватели, с помощью электрической дуги, прямого нагрева сопротивлением, воздействия горячей водой или паром, индукционный нагрев и др. Все эти методы нагрева незначительно влияют на производительность и малоэффективны для получения качественного жидкого полимера из-за значительной инертности обеспечения заданной температуры и большого потребления энергии. Поэтому предлагается нагрев полимеров в пластикаторах в поле высокой частоты в диапазоне 20–150 МГц. Основные преимущества высокочастотного нагрева заключаются в скоростном, безинерционном, равномерном нагреве полимера по всему объему, что позволяет значительно сократить время нагрева [1]. Скорость высокочастотного нагрева не зависит от теплопроводности вещества и регулируется параметрами поля (частотой и напряженностью).

Построена теоретическая расчетная модель изменения температурного технологического профиля при воздействии высокочастотных электромагнитных полей в системе «рабочая камера – полимер – шнек» (рис. 1), согласно которой на частоте 80 МГц обеспечивается высокая скорость нагрева (для АБС полимера порядка 15 °C/с).

Высокочастотные методы нагрева имеют практически неограниченные возможности по концентрации большого количества энергии в любых необходимых объемах, что обеспечивает такую интенсификацию электротермических процессов, которая недостижима при других методах нагрева. Применение нагрева полимеров в высокочастотных полях в техно-

логии ЛПД обеспечивает контроль скорости нагрева, снижает расход энергии до 10 %, сокращает длительность цикла процесса, способствует увеличению производительности.

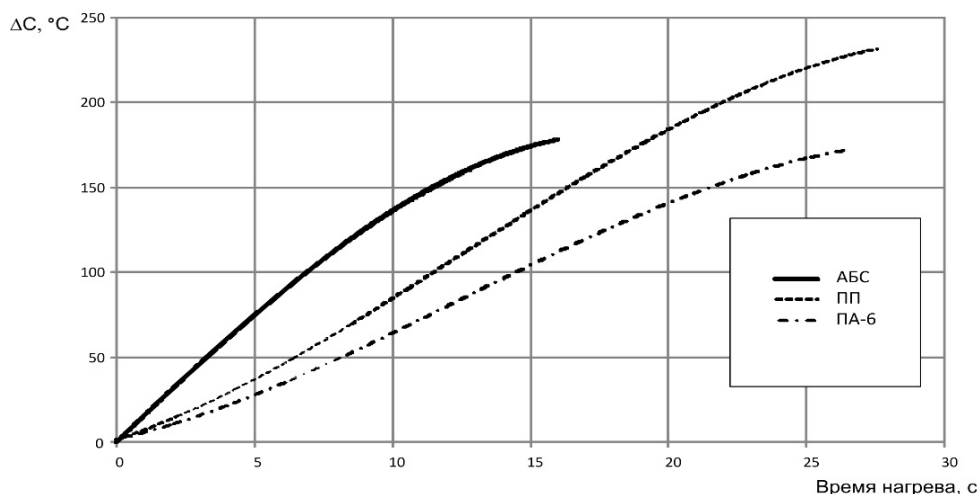


Рис. 1. Расчетное изменение температур полимеров АБС, ПП, ПА-6 в цилиндре пластикации при нагреве в высокочастотном поле (80 МГц) при мощности нагрева 14,5 Вт/см³

Библиографический список

1. Производство изделий из полимерных материалов. учеб. пособие / В.К. Крыжановский [и др.]. – СПб.: Профессия, 2004. – 464 с.
2. Бихлер, М. Параметры процесса литья под давлением / М. Бихлер. – Demag Plastservice, 2001. – 129 с.

УДК 621.029

ГЕНЕРАЛОВ А.А.¹, ГАВРИЛОВ Г.Н.², ВОРОБЬЕВА Ю.В.²

ФОРМИРОВАНИЕ ТОНКОЙ СТРУКТУРЫ ВЫСОКОЛЕГИРОВАННОГО ЖАРОПРОЧНОГО СПЛАВА ВЖ159 ПРИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ПОКОВОК

ПАО «РУСПОЛИМЕТ», г. Кулебаки, Нижегородская обл., Россия¹,
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева²

Создание особой отрасли современного металловедения – металловедения жаропрочных сталей и сплавов – связано с развитием специального машиностроения, в котором применяются детали, работающие при высокой температуре [1].

Необходимая микроструктура в применяемых никелевых сплавах достигается лишь при условиях глубокого деформирования заготовок с последующей термической обработкой. Поэтому ключевыми в общей проблеме стабильности физико-механических свойств изделий являются вопросы получения однородной микроструктуры сплавов [2].

Исследование микроструктуры проводилось с помощью оптического микроскопа KEYENCE VHX-1000 с расширенными возможностями за счет усовершенствованной длиннофокусной оптической системы и цифровой обработки изображения. Также были проведены эксперименты на растровом электронном микроскопе TESCAN VEGA II и на рентгеновской установке ДРОН-2.

Исследования микроструктуры и фазового состава проводили на образцах из сплава ВЖ159-ИД после термической обработки, включающей закалку 1100°С и старение при 800°С и 700°С.

Известно, что жаропрочные характеристики сильно снижаются при разнотерности материала, когда в образце присутствуют кристаллиты с мелким и крупным зерном. Подобная смесь может возникать в изделиях, которые подвергнуты горячей обработке давлением,

когда жаропрочные сплавы попадают под деформацию критических степеней и сплав неравномерно охлаждается во время деформации [2].

От характера выделения и распределения интерметаллидных частиц, их типа и количества могут существенно меняться свойства материала. На качество сплава оказывают значительное влияние возможные изменения концентрации легирующих элементов в приграничном слое при диффузии легирующих компонентов или образование новых фаз, которые и могут приводить к понижению жаропрочности и пластичности сплавов после полного цикла термической обработки.

При затвердевании сплавов кристаллизуются зерна тугоплавкого вещества (Nb, Mo, Ta, W), а легкоплавкие примеси, которые не растворяются в материале основы, скапливаются в пограничных зернах, что ослабляет прочность при повышенных температурах. Однако существует также и группа элементов (W, Mo, Nb, V), присадка которых в жаропрочные сплавы увеличивает прочность пограничных слоев.

Следовательно, для устранения выявленных характерных изменений материала в приграничных зонах зерен целесообразно применение определенных технологических мер не только при проведении горячей пластической деформации и термической обработки, но и на стадии литейного производства высоколегированного никелевого сплава.

Библиографический список

1. **Теплухин, Г.Н.** Металловедение и термическая обработка: учеб. пособие / Г.Н. Теплухин, А.В. Гропянов; СПбГТУ РП. – Санкт-Петербург. – 2011. – 169 с.
2. **Назаров, Е.Н.** Термическая обработка аустенитных жаропрочных сталей и сплавов / Е.Н. Назаров, С.Б. Масленков // Металловедение и термическая обработка. – 1970. – № 3.

УДК 621.74.043.1

ГОРОХОВ Д.А., ЛЕУШИН И.О.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ АУДИТ ПРОЦЕССОВ КОКИЛЬНОГО ЛИТЬЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Технологический аудит (ТА) процессов кокильного литья в литейном цехе АО ПКО «Теплообменник» проводился с целью обеспечения стабильного качества литых изделий получаемых литьем в кокиль.

Алгоритм ТА:

1 этап. Согласование проведения технологического аудита с руководством предприятия и цеха.

2 этап. Сбор имеющейся технологической документации, информации о подготовке производства и показателей работы цеха, в частности, по браку кокильного литья.

3 этап. Подробное знакомство с условиями реализации технологического процесса непосредственно в цехе

4 этап. Проведение анализа собранных данных

5 этап. Обсуждение результатов ТА с руководителем предприятия (цеха).

При проведении ТА рассматривались вопросы:

- подготовка производства: сроки проведения, степень автоматизации, применяемые средства;
- снабжение и входной контроль материалов, включая обоснованность их выбора;
- логистика: складирование материалов, складирование готового продукта, оптимальность расположения мест и площадей хранения, оптимальность выбранных маршрутов движения транспорта и механизации;
- производство: рациональность технологической цепочки, форм планирования, соблюдение технологической дисциплины, оперативное управление и учет (например, ста-

тистический контроль качества литья по видам дефектов), состояние, технические характеристики, ремонт и обслуживание оборудования, менеджмент качества, экологическая безопасность, охрана труда персонала;

- кадровое обеспечение: оценка квалификации персонала.

По итогам ТА выявлены следующие недостатки:

- отсутствие лаборатории для входного контроля поступивших материалов;
- участок кокильного литья не имеет четких границ, некоторые агрегаты, которые используются в процессе кокильного литья, расположены около формовочного отделения;
- на участке используется морально и физически устаревшее оборудование;
- уровень автоматизации подготовки и собственно производства недостаточен;
- высок процент брака по вине таких литейных дефектов, как: газовые раковины, сквозные рыхлоты, горячие трещины, коробление.

По результатам ТА предложены следующие мероприятия.

1. Организовать входной контроль поступившего материала в других цехах предприятия.

2. Предусмотреть подготовку некондиционных шихтовых материалов (стружки) для нужд цеха.

3. Скорректировать планировку цеха для обеспечения рациональных логистических потоков.

4. Провести замену устаревших индукционных плавильных печей на дуговые печи постоянного тока.

5. При подготовке производства использовать современное программное обеспечение для проектирования оснастки и моделирования литейных процессов.

Реализация перечисленных мероприятий позволит добиться снижения издержек, связанных с ресурсозатратами и производственным браком.

УДК 621.7.072

ГОРОХОВ П.А., НИЦЁНКОВ А.В.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА ЛИТЬЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Одним из основных путей повышения общей эффективности подготовки производства является внедрение автоматизации технологической подготовки производства (АСТПП). Автоматизация технологической подготовки производства (АСТПП) внедряется для освоения новых технологий в сфере производства отливок и форм, что ведет к повышению качества, расширению номенклатуры отливок и способности конкурировать с ведущими предприятиями в России и за рубежом.

В процессе эксплуатации АСТПП литейного производства должна обеспечивать как автоматизацию проектирования технологических процессов, так и технологического оснащения, а также автоматизацию хранения и обработки информации об изготавливаемых отливках и технологических процессах, информацию о технологических решениях, предоставлять нормативно-справочную информацию, планово-учетную информацию, информацию о браке литья. Достижение максимальной эффективности производства невозможно без интеграции с системами CAD/CAM, которые образуют единую целостную систему подготовки литейного производства. Системы CAD/CAM применительно к литейному производству должны обеспечивать моделирование технологических процессов литья, включая процессы затвердевание отливок и заполнение форм, а также автоматизацию изготовления оснастки. До недавнего времени автоматизация изготовления литейной оснастки выражалась в основном в применении станков с ЧПУ.

В настоящий момент, с учетом дальнейшего развития технологий, изготовление на

станках с ЧПУ все чаще заменяется быстрым прототипированием. В условиях многономенклатурного мелкосерийного и опытного литейного производства технологии быстрого прототипирования могут иметь ряд преимуществ в сравнении с ЧПУ. Выбор той или иной технологии прототипирования зависит от типа производства (массовое, крупносерийное, мелкосерийное, серийное, опытное), экономической целесообразности и видов применяемых технологических процессов (литье в землю, литье по выплавляемым моделям, литье в кокиль и т.д.), Методами прототипирования из различных материалов могут изготавливаться как непосредственно литейные формы, так и мастер–модели - первичные модели, с помощью которых происходит изготовление литейных форм. В ходе аудита существующей системы технологической подготовки литейного производства в условиях АО ПКО Теплообменник были проанализированы применяемые технологические процессы изготовления отливок и с помощью методов экспертных оценок выбрана наиболее эффективная, с точки зрения условий производства, технология быстрого прототипирования – FDM технология.

Принцип построения по технологии FDM заключается в послойном выращивании изделия из предварительно расплавленной пластиковой нити. Выбор указанной технологии обеспечивает получение прочных износостойких моделей при низкой стоимости материалов, а также дальнейшую возможности доводки модели. Применение рекомендованной технологии позволит перейти к сквозной автоматизации существующей системы подготовки производства от проектирования до изготовления в условиях действующего на АО ПКО «Теплообменник» литейного производства.

УДК 621.9

ГРИГОРЬЕВ И.В.

ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ СРОКА СЛУЖБЫ КОКИЛЕЙ

Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Тополева - КАИ, г. Набережные Челны, Россия

Для повышения стойкости и увеличения срока эксплуатации кокилей необходимо предпринимать ряд технологических мероприятий [1], [2]:

- производить заливку металла плавно, без рывков с минимальным статическим напором;
- подбирать оптимальные ребра жесткости (высокие тонкие ребра жесткости приводят к появлению трещин на рабочей поверхности кокиля, а низкие ребра могут не обеспечить необходимую жесткость кокиля и привести к короблению);
- заливку кокиля расплавленным металлом производить согласно указанным параметрам в технологическом процессе (заливка металла с температурой выше указанной в технологическом процессе приводит к снижению стойкости кокиля);
- выполнять плавные переходы между сопряженными стенками расположенных в кокиле элементов, - разрабатывать кокиль несложной конструкции;
- изготавливать кокиль с равномерными по толщине стенками и с минимальным количеством толкателей;
- для снижения напряжений и свободного протекания термической деформации необходимо с целью образования рабочей полости кокиля использовать сменные вставки, больший эффект достигается при использовании сменных вставок в многоместных кокилях;
- поверхностные слои формообразующей полости кокиля, имеющие максимальную температуру, при работе необходимо дополнительно защитить с помощью армирования, поверхностного легирования, термической обработки, наплавкой, напылением и т.д.;
- соблюдать все требования по уходу и эксплуатации, для этого необходимо своевременно проводить планово-предупредительные ремонты и проверки на нормы точности;
- быстро изнашиваемые части кокиля необходимо выполнять в виде отдельных вкла-

дышей и металлических стержней из более жаропрочного материала (30ХГС, 35ХГСА, 4х5МФС);

- внутреннюю рабочую полость кокиля, формообразующих частей вставок, вкладышей и стержней необходимо выполнять по размерам отливки с плюсовым допуском на линейную усадку и минусовым допуском на расширение материала кокиля при его нагреве и толщину слоя покрытия;

- в конструкции кокиля необходимо предусмотреть минимальное число разъемов и стержней;

- кокиль должен состоять полностью или в большей части из стандартных и унифицированных деталей.

Библиографический список

1. Горюнов, И.И. Пресс-формы для литья под давлением / И.И. Горюнов. – Л.: Машиностроение, 1974. – 255 с.
2. Савин, И. А. Теоретическая оценка трещиностойкости оболочковых форм точного литья, изготовленных с применением технологии низкотемпературного прокаливания / И. А. Савин, И. О. Леушин, В. А. Ульянов, Л. И. Леушина // Справочник. Инженерный журнал (с приложением). – 2015. – № 9 (222). – С. 3–5.

УДК 669.621

ДУРЫНИЧЕВ А.Н.

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМОВ ТЕРМООБРАБОТКИ НА ЭЛИНВАРНЫЙ СПЛАВ 21НМКТ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В точном приборостроении для изготовления ряда важных специальных устройств и аппаратов используются измерительные преобразователи - датчики, которые позволяют регистрировать физические характеристики с весьма высокой точностью. Одним из таких устройств является гироскоп, представляющий собой сложный технический объект. Назначение гироскопа – удерживать неизменным положение своей главной оси вращения в инерциальном пространстве, при этом противостоять действию моментов сил, стремящихся изменить угловое положение этой оси. Поэтому к гироскопу предъявляются следующие требования: высокая точность измерения и практическая надежность; жесткие ограничения по массе, габаритам и энергопотреблению; учет влияния дестабилизирующих факторов - механических (динамических и вибрационных), климатических и прочие эксплуатационных воздействий.

В настоящее время наиболее современным подходом является термоциклическая обработка элинварных сплавов. При этом усиливается роль прерывистого распада, происходит ускорение диффузионных процессов образования фаз Лавеса и образуется мелкозернистая структура.

Термоциклирование состоит из периодически повторяющихся нагревов и охлаждений по режимам, учитывающим внутреннее строение материала, а именно: разницу в теплофизических характеристиках фаз, объемный эффект фазовых превращений [10]. Ранее опубликованные работы Скуднова В.А. по исследованию термоциклирования сплава 44НХТЮ [14] показали перспективность применения термоциклической обработки прецизионных сплавов для получения оптимальных физико-химических свойств и измельчения структуры. В настоящее время на предприятиях по разработке гироскопов рекомендован новый материал – элинварный сплав 21НМКТ [1], который обладает лучшими магнитными свойствами за счет образования новых фаз (FeCo), а в качестве предполагаемой термообработки предлагается термоциклическая обработка, приводящая к улучшению структуры и фазового состава.

Специфические особенности функциональных показателей элинваров требуют сбалансированности таких важных характеристик, как прочностные свойства (их повышенный

уровень) и надлежащие значения термического коэффициента модуля упругости (близкие к нулю) [12, 13]. Подобное сочетание обычно достигается проведением регламентированного режима закалки и старения.

Напомним, что распад пересыщенного твердого раствора, фиксируемого после закалки, кинетически может происходить различными способами, а именно путем прерывистого и непрерывного превращений [16].

В элинварах, стареющих по механизму смешанной кинетики, температурные области развития разных типов распада различаются: прерывистое превращение идет при низкотемпературном старении, а непрерывное - при более высокой температуре. В силу особенностей распада (скачкообразное изменение состава матричного раствора) прерывистая реакция наиболее сильно воздействует на изменение коэффициента модуля упругости. В то же время непрерывный распад, охватывающий объем зерна и идущий с плавным изменением состава твердого раствора, обеспечивает наилучший эффект дисперсионного твердения.

Термоциклирование сплава 21НМКТ приводит к измельчению структуры, что приводит к улучшению механических свойств данного материала. В ходе термоциклирования происходит образование полукогерентных частиц FeCo, затем дальнейшее их растворение.

Библиографический список

1. **Федюкин, В.К.** Термоциклическая обработка металлов и деталей машин / В.К. Федюкин, М.Е. Смагоринский. – Ленинград: Машиностроение. Ленингр. Отд-ние, 1989. – 255 с.
2. **Скуднов В.А.** Исследование структуры и особенностей фазовых превращений в элинварном сплаве после различных режимов термообработки / В.А. Скуднов [др.] // Физика металлов и металловедение. – 2011. – Т. 112. – № 4. – С. 34–40.
3. **Молотилова, Б.В.** Прецизионные сплавы: справочник / Молотилова Б.В. – М.: Металлургия, 1974. – 448 с.
4. **Бараз, В.Р.** Элинварные сплавы: особенности состава, структуры и свойств. Часть 1 / В.Р. Бараз, В. Стрижак // Национальная металлургия. – 2003. – № 4. – С. 95–98.
5. **Бараз, В.Р.** Элинварные сплавы: особенности состава, структуры и свойств. Часть 2 / В.Р. Бараз, В. Стрижак // Национальная металлургия. – 2003. – № 5. – С. 105–109.
6. **Ошурина, Л.А.** Особенности прерывистого распада в прецизионных сплавах // Труды НГТУ. – 2015. – Т. 102. – № 5. – С. 346–350.

УДК 621.029

ЗЫКОВА Г.А., ГАЛКИН В.В., ГАВРИЛОВ Г.Н.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ СТАЛЕЙ ПОСЛЕ ХОЛОДНОЙ ОБЪЕМНОЙ ШТАМПОВКИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КРЕПЕЖНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Болты, выпускаемые современной промышленностью, могут значительно отличаться по классам своей прочности. В основном это зависит от марки стали, которая была использована для их изготовления. Именно поэтому выбирать болты, соответствующие тому или иному классу, следует исходя из того, для решения каких задач их планируется использовать [2].

В машиностроении большое применение имеют винты с крестообразным шлицем из высокопрочных материалов, в частности сталей мартенситно-ферритного класса. Проблемы их производства заключаются в низкой стойкости формообразующего профиля пуансонов, в виде потери его геометрии при осевом выдавливании крестообразного. Для определения причин низкой стойкости пуансона необходима оценка величины и распределения напряжений на поверхности контакта инструмента с материалом заготовки контактной поверхности [2].

Экспериментальное доказательство неоднородности деформированного состояния материала возможно с применением микроструктурного анализа. Это было подтверждено

микроструктурами материала. Были исследованы образцы из стали 14X17H2. В результате проделанной работы получены фотографии микроструктур образцов на различных переходах высадки. Отсюда следует, что характер изменения микроструктуры определяется направлениями течения металла.

1. В ходе исследований было установлено, что в процессе холодной объемной штамповки деформационное упрочнение характеризуется пространственной неоднородностью, в которой могут быть выделены зоны неравномерной деформации.

Максимальное упрочнение, определенное по замерам твердости, соответствует первой зоне толщиной $\sim 0,6$ мм, примыкающей к поверхности крестообразного шлица. При пересчете твердости по зависимости V . Деля на интенсивность напряжений σ_i , получены значения: для стали 14X17H2 $\sigma_i=3463$ МПа. В остальном объеме головки упрочнение материала по направлениям от поверхности шлица уменьшается. По осевому направлению, начиная с поверхности торца паза, твердость последовательно уменьшается по мере удаления вглубь заготовки, и на глубине ~ 2 мм соответствует недеформированному материалу.

2. Структурные исследования подтвердили данные деформационного анализа и замеров твердости. Текстуры деформации и характер изменения микроструктуры определяются преобладающими направлениями течения металла. Получена качественная и количественная оценка величины и распределения напряжений, кинетики деформирования микроструктуры на контактной поверхности в условиях осевого выдавливания крестообразного шлица. Для этого были применены методы математического моделирования и твердости.

3. Рассчитанные значения напряжений от сил трения превышают величину нормальных напряжений на поверхности контакта, что обуславливает и объясняет низкую стойкость пуансона в виде потери его геометрии за счет истирания.

Библиографический список

1. **Петриков, В.Г.** Прогрессивные крепежные изделия / В.Г. Петриков, А.П. Власов. – М.: Машиностроение, 1991. – 256 с.
2. **Галкин, В.В.** К вопросу низкой стойкости пуансонов при выдавливании крестообразного шлица в винтах с потайной головкой из стали 14X17H2 / В.В. Галкин, А.А. Дербенев, А.В. Братухин, Г.Н. Гаврилов // Заготовительные производства в машиностроении. – 2017. – №4. – С. 6.

УДК 669.2

ИВАНОВ Г.Е., МАСЛОВ К.А.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФАСОННЫХ ОТЛИВОК ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПОСОБА ЛИТЬЯ ВЫЖИМАНИЕМ

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Проблема получения крупногабаритных тонкостенных отливок из алюминиево-магниевого сплава в условиях АО «Арзамасский приборостроительный завод им. П.И. Пландина» является актуальной в настоящее время.

Попытки отлить тонкостенные детали больших габаритов предпринимались многократно, но не удавалось заполнить жидким металлом полость литейной формы, имеющую вид узкой щели большой протяженности. Потребность в литых детали такого типа ощущается давно и освоение этого вида литья способно значительно увеличить производительность труда и уменьшить стоимость изготовления многих изделий. Крупногабаритные тонкостенные детали панельного типа являются важными и широко распространенными элементами конструкции многих современных машин [1].

В результате рассмотрения трудностей литья крупногабаритных тонкостенных деталей в обычные литейные формы пришли к выводу, что одним из возможных методов, обеспечивающих ей свободное заполнение литейной формы и качественное формирование тон-

костенной отливки является литье в формы со сближающимися стенками. Этот процесс называется литьем выжиманием [1].

Залитый с некоторым избытком в нижнюю часть раскрытой формы металл, в результате последующего сближения ее стенок, поднимается вверх и заполняет форму. При этом весь избыток металла, сверх того количества, которое необходимо для формирования отливки, выжимается из формы наружу [1].

Основными технологическими параметрами литья выжиманием являются [2]:

- скорость перемещения подвижной полуформы;
- температура металла в начале выжимания;
- температура полуформы;
- состав и толщина слоя теплозащитного покрытия на рабочей поверхности пресс-формы.

Литье выжиманием позволяет снизить расход металла, формовочных и стержневых смесей, а также повысить качество отливаемых деталей.

Библиографический список

1. **Стебаков, Е.С.** Литье выжиманием / Е.С. Стебаков, В.Я. Тарутин. – М.: Машгиз, 1962. – 250с.
2. Специальные технологии литейного производства / А.И. Евстигнеев [и др.]; НГТУ. – Н. Новгород, 2013. – 282 с.

УДК 621.074

КАЖАЕВА. О.О., ЛЕУШИНА Л.И.

ПРОБЛЕМЫ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ ЛИТЬЯ ПО ВЫПЛАВЛЯЕМЫМ МОДЕЛЯМ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ В УСЛОВИЯХ АО ПКО «ТЕПЛОБМЕННИК»

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Одним из важнейших направлений повышения эффективности производства является ресурсосбережение, главными задачами которого является внедрение ресурсосберегающей техники и технологии, которые допускают снижение материалоемкости продукции.

Ресурсосбережение представляет собой прогрессивное направление использования природно-ресурсного потенциала, обеспечивающего экономию природных ресурсов и рост производства продукции при том же количестве использованного сырья, топлива, основных и вспомогательных материалов.

Целесообразно создание таких технологий, которые экономически более выгодны и в меньшей степени влияют на окружающую среду. Известно, что периодическая или даже непрерывная модернизация оборудования является главным условием совершенствования любого производства.

Литейное производство оказывает большое влияние на качественные показатели и надежность современных машин и оборудования. Развитие техники предъявляет свои требования к качеству литых заготовок. Современные отливки должны иметь высокие и регламентированные механические свойства, физические и химические характеристики, а также высокую точность при минимальной толщине стенок и массе. В настоящее время для этого используется способ литья по выплавляемым моделям в оболочковые керамические формы на этилсиликатном связующем – один из наиболее перспективных специальных способов литья, применяемых для получения отливок самой высокой сложности. Данная технология обеспечивает получение точных отливок достаточно высокого качества из сплавов цветных и черных металлов.

Однако технологический процесс литья по выплавляемым моделям алюминиевых сплавов в условиях АО ПКО «Теплообменник» имеет ряд проблем, связанных с ресурсосбережением в таких аспектах, как: оснастка, материалы, логистика, технология изготовления отливки, планировка участка точного литья и т.д.

Имеющие место проблемы ресурсосбережения можно классифицировать на следующие группы связанные с:

- оснасткой: высокий износ, сложность оснастки;
- материалами: низкая экологичность материалов; недостаточный входной контроль; дороговизна;
- логистикой: транспортировка материалов, оснастки; готовой продукции;
- технологией изготовления отливки: многостадийность процесса; нарушение технологической дисциплины; длительное проведение гидролиза; длительное прокаливание; высокий процент брака; длительность сушки оболочковых форм; высокие затраты энергии при проведении прокаливания, гидролиза, сушки и т.д.;
- планировкой: нерациональное размещение оборудования;
- моделями: нарушение геометрии; омыление;
- экологией: повышенное выделение химических веществ в ходе удаления модельного состава; гидролиз этилсиликата.

Таким образом, решение даже нескольких из перечисленных проблем позволит обеспечить серьезную экономию энергетических, материальных и трудовых ресурсов.

УДК 620.018

КОРЮЧКИН Н.В., СКУПОВ В.Д.

ВЛИЯНИЕ МЕЖФАЗНЫХ ГРАНИЦ НА ПРОЦЕССЫ ДЕФЕКТОБРАЗОВАНИЯ В ТВЕРДЫХ ТЕЛАХ ПРИ РАДИАЦИОННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Вне зависимости от функционального назначения все приборы микро- и наноэлектроники представляют собой твердотельные гетерофазные композиции, в которых определенным (топологически заданным) образом сочетаются элементы (компоненты) из материалов с различными физико-химическими свойствами. Из-за различий кристаллографических, механических и теплофизических свойств компонентов возникают межфазные границы – локальные области со свойствами, отличными от объемных. Поэтому в таких областях многие процессы могут протекать с другими кинетическими параметрами, например, энергиями активации дефектообразования, что во многом определяет надежность характеристики готовых приборов. Проблема исследования влияния межфазных границ на процессы дефектообразования в твердых телах при воздействии радиационных полей различной природы наиболее актуальна для приборов микро- и наноэлектроники.

Экспериментальное изучение роли межфазных границ в процессах радиационного дефектообразования достаточно трудоемкий и энергозатратный процесс. Поэтому целесообразно предварительное машинное моделирование возможных структурных изменений в твердотельных композициях с внутренними границами раздела.

В докладе приводятся результаты моделирования с использованием пакета программ TRIM продуктов взаимодействия ионов различных масс и энергий с 2Д – и 3Д – объектами, в качестве которых рассматриваются структуры «кремний на сапфире» и резистивная система «нихром на поликоре». При моделировании учитывалась неоднородность изменения плотности сопрягающихся материалов вблизи межфазных границ из-за наличия кристаллографических дефектов.

Установлено, что возникающие при формировании многослойных 2Д- и 3Д – структур дефекты и механические напряжения, локализованные вблизи границ раздела, изменяют пороговую энергию смещения атомов из регулярных положений в кристаллической решетке при ионном облучении. Вследствие этого возрастает концентрация неравновесных радиационных собственных точечных дефектов и становится возможным «перемешивание» сопрягающихся материалов, в частности, образование оксидов металлов.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ КОМПОНЕНТОВ В ЖИДКИХ РАСТВОРАХ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

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

В работе изучено влияние температуры на результаты измерений параметров жидких растворов инструментальным методом.

Инструментальный метод обладает многими достоинствами: быстротой анализа, высокой чувствительностью, возможностью одновременного определения нескольких компонентов, сочетанием нескольких методов, возможности автоматизации и использования компьютеров для обработки результатов анализа.

Среди инструментальных методов особо выделяются спектральные оптические методы, преимуществами которых является: бесконтактность измерения (это сводит к нулю влияние человеческого фактора), простота процедуры измерения, объективность результатов.

Спектральный оптический метод основан на взаимодействии электромагнитного излучения с атомами и молекулами анализируемого вещества. Каждое вещество поглощает только такое излучение, энергия которого способна вызывать определенные изменения в молекуле этого вещества, поэтому оно имеет строго определенный спектр поглощения, причем поглощение происходит согласно закона Бугера-Ламберта

$$I = I_0 e^{-\alpha x},$$

где I_0 – интенсивность падающего излучения; I – интенсивность поглощения в слое x ; α – коэффициент поглощения; x – расстояние от поверхности проводника до поглощающего слоя.

Для измерений использовался прибор ИКОНЭТ - оптический спиртометр, измеряющий объемную долю этилового спирта бесконтактным спектрально-оптическим методом. Объемная доля этилового спирта в контролируемом растворе измеряется по ослаблению излучения на характерных длинах волн. Ослабление вычисляется по результатам сравнения интенсивности излучения, прошедшего через канал кюветы с контролируемым раствором и через канал с эталонным раствором, объемная доля спирта в котором известна.

Результаты измерения показали, что происходит изменение концентрации с течением времени из-за изменения температуры. Для учета влияния температуры на процесс измерения были введены поправочные коэффициенты, которые индивидуальны для каждого прибора. Введение поправочного коэффициента на температуру позволяет уменьшить погрешность измерения на 40 %

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЕ ГЕТТЕРИРОВАНИЕ ПРИМЕСЕЙ И ПРОТЯЖЕННЫХ ДЕФЕКТОВ В ПОЛУПРОВОДНИКАХ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Начиная еще с 60-х гг. XX в. при производстве полупроводниковых приборов широко используются процессы геттерирования с целью снижения концентрации примесей, влияющих на время жизни носителей заряда в активных областях кремниевых приборов. К нежелательным фоновым примесям относятся кислород, углерод и переходные быстродиффундирующие металлы – Fe, Cr, Cu, Ni, Au, – имеющие высокую растворимость в решетке кремния

при высоких температурах, а также такие металлы, как V, Mo, W, Ti. Даже при малых концентрациях этих примесей в активных областях приборных структур не удается получить требуемое время жизни носителей заряда. Указанные примеси могут попадать в процессе выращивания слитков и последующих технологических операций из оснастки (кварцевые трубы и пр.) и технологических сред (газов хим. реактивов). Например, стандартные жидкости отмывки в различных составах с последующей трехстадийной промывкой пластин в деионизованной воде также не могут убрать все примеси с поверхности пластин. Традиционные методы геттерирования с нагревом системы до высоких температур имеют весомые недостатки. Поэтому с развитием микро- и нанoeлектроники становится все более острой проблема снижения температуры проведения многих технологических процессов (эпитаксия, окисление и диффузия и др.). Таким образом, формируется задача, суть которой состоит в поиске и создании технологических способов низкотемпературной модификации примесно-дефектного состава.

Проблема разработки низкотемпературных технологий геттерирования – одна из актуальных для развития субмикронных и наноразмерных дискретных приборов и сверхбольших интегральных схем для генерации, преобразования и хранения информации в широком диапазоне частот электромагнитных сигналов, включая оптический спектр. Разработка новых технологий довольно трудо- и энергозатратный процесс. Поэтому важная роль для решения этой задачи отводится методам машинного моделирования.

В докладе приводятся результаты моделирования программой *TRIM (the Transport of Ions in Matter)* продуктов взаимодействия ионов различных масс и энергий с дефектами структуры в приповерхностных слоях кремния, введенных абразивной обработкой (геттером).

Нарушенные слои после абразивно-химической обработки при моделировании аппроксимировались многоступенчатыми прямоугольными функциями, отражающими изменение плотности материала по глубине нарушенных слоев. Изменение плотности обусловлено профилем распределения типов и концентраций структурных дефектов по глубине, а также особенностями дефектообразования при шлифовании и полировании монокристаллов. Установлено, что наиболее эффективным по количеству неравновесных радиационных собственных точечных дефектов, ответственных за процесс геттерирования, являются слои, сформированные шлифованием.

УДК 539.219:621.9

МИНАЗОВ Р.М. ЛАРИН М.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОЙ РАБОТЫ ЭКСТРУДЕРОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПЛАСТМАССОВЫХ ИЗДЕЛИЙ В УСЛОВИЯХ ЗАВОДА «АВТОКОМПОНЕНТ»

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева

Незаменимым оборудованием при изготовлении изделий из пластмассы является экструдер. Внутри этого аппарата происходит расплав полимерной основы, которая, приобретая нужную консистенцию, проходит через сопла (фильеры), формирующие изделия заданной формы. Таким образом, изготавливаются и профили, и самые разнообразные детали. Наша задача разработать и опробовать в условиях производства ряд инновационных технических решений, обеспечивающих получение лучшего технологического процесса работы экструдеров для термопласта автоматов литья под давлением.

Чтобы понять, как работает экструдер, достаточно представить себе привычную мясорубку. Принцип действия этих устройств во многом совпадает. Экструдер представляет собой электромеханический аппарат, который состоит из нескольких блоков:

- **Цилиндр**, в котором сырьё, перемешиваясь внутри, прогревается до заданной температуры. Уровень нагрева обычно устанавливается оператором. Он зависит от типа сырья, а точнее от температуры плавления полимера. Обычно это несложные резистивные системы, отличающиеся надёжностью и долговечностью. Так, на нагрев цилиндра используют кольцевые нагреватели.
- **Фильтрная пластина (экструзионная головка)**, дающая готовому изделию форму. Она устанавливается на экструдерах, производящих профиль. В случае если производятся различного вида пластмассовые изделия, разогретая полимерная масса через сопло поступает в пресс-форму. Для нагрева сопла устанавливаются отдельные хомутовые нагреватели на сопло.
- **Узел загрузки сырья**. Через него гранулированное или измельчённое полимерное сырьё попадает внутрь цилиндра.
- **Рабочий орган**. Сердцем экструдера является червяк (шнек) - вал с винтовой поверхностью, который, вращаясь, увлекает с собой сырьё, проталкивая его по цилиндру к формирующим насадкам. Это самый распространённый вид экструдера. Реже встречаются устройства, оснащённые поршневым рабочим органом, а также его дисковым аналогом.
- **Механический блок**, состоящий из электродвигателя и системы редукторов, с помощью которых осуществляется вращение шнека в цилиндре.
- **Блок управления и контроля**.

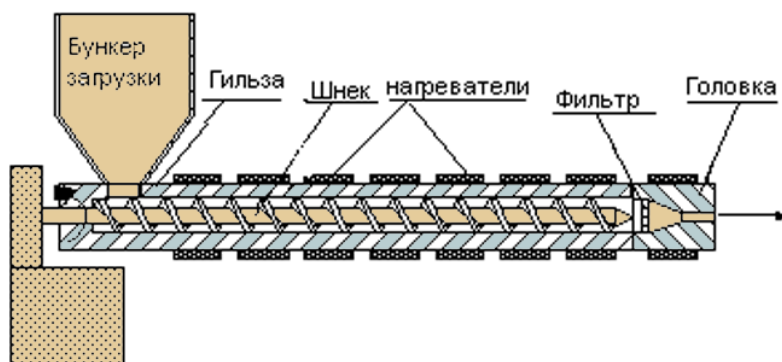


Рис. 1

Типы экструдеров:

Как было упомянуто, **шнековые экструдеры** иногда называются «червячными». Это название происходит от того, что полимерная масса в цилиндре перемешивается и перемещается при помощи винта Архимеда. В большинстве своём экструдеры имеют один шнек и работают по тому же принципу, что и мясорубка. Однако производство некоторых видов продукции требует более тщательного перемешивания сырья, и в этом случае используются механизмы с двумя (а иногда и больше) шнеками. Это необходимо, например, в том случае, если сырьё подаётся в порошковом состоянии. В таком случае одношнековый экструдер не сможет достаточно хорошо перемешать его и соответственно создать нужное давление на выходе.

Виды экструдеров

Экструдер для профиля из поливинилхлорида (ПВХ)

Самым простым и дешёвым способом производства полимерного или композитного профиля является как раз экструзия. Характер используемого сырья и сложность получаемого изделия определяют необходимость выбора одношнекового или двухшнекового экструдера, а также соответствующих фильтрных пластин.

Таким способом производят тончайшие нити, полосы, листы, панели и профили сложной геометрии. Принцип везде одинаков. Иногда в полимерную основу добавляют раз-

личные примеси, которые позволяют производить композитные материалы различного назначения.

Трубный экструдер

Пластиковые трубы также производят на похожих линиях. Особенность их изготовления заключается в специальном требовании к полимерной смеси. В готовой смеси не должно быть пузырьков газа, которые могут сделать стенки труб неоднородными и непрочными. С этой целью в данных экструдерах устанавливается специальный дегазатор. Кроме того, в экструдерах для труб применяются двухшнековые установки с барьерными шнеками, которые позволяют добиться однородного и равномерно прогретого до нужной температуры сырья.

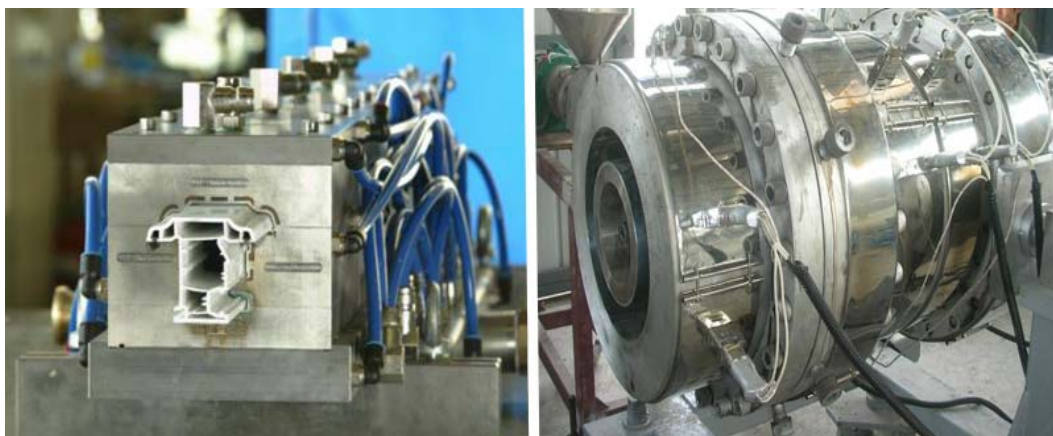


Рис. 2

Изготовление полиэтилена

Экструзионным способом производятся и все виды полимерных плёнок. На производстве с этой целью используют выдувной экструдер, который позволяет устанавливать необходимую толщину и ширину продукта. Формирующий узел представлен тонкой щелью. Иногда применяются щелевые фильеры, выдувающие плёнку в форме рукава. Аппараты для изготовления плёнки небольшой ширины компактны и не потребляют много энергии.

Технологическая линия

На производстве экструдер является основным элементом экструзионной линии, которую составляет ряд прочих устройств.

Производственные линии также включают:

- систему приготовления сырьевых материалов и их подачи. Особенно важен этот узел при производстве материала из композита. Порой сырьё нуждается в дополнительной просушке, калибровке, дроблении;
- систему охлаждения. Сырьё, покидая экструдер, всё ещё разогрето до высокой температуры. Для его скорейшего охлаждения применяются системы воздушного или водяного охлаждения. К примеру, ПВХ профиль может охлаждаться при помощи воздушных или водяных ванн. Обязательное охлаждение предусмотрено и при использовании пресс-форм. В противном случае формы могут разогреваться до высоких температур, и готовое изделие может потерять заданную форму, если не снизить достаточно его температуру.

Вывод

Литье пластмасс – комплексный способ переработки, характеризующийся сложными физико-химическими процессами. Эффективность литья и качество литьевых деталей зависят от влияния многих факторов: конфигурации и габаритов пластмассовой продукции, свойств перерабатываемого материала, выбранной технологии, конструкции оснастки, возможностей перерабатывающего оборудования, общей организации производства. Поэтому при решении любых литьевых задач нужно продумывать все составляющие процесса производства.

МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНЫЕ КОМПАУНДЫ В СУДОВОЙ ТЕХНИКЕ

Волжский государственный университет водного транспорта

Судоремонтным и судостроительным предприятиям всего мира хорошо известны полимерные материалы, различные эпоксидные компаунды, металлополимеры, применяемые при строительстве и ремонте кораблей, яхт и катеров. Ремонтная система, как правило, включает полный набор материалов, которые могут потребоваться для восстановления поверхности металлических, пластиковых корпусов, а также разнообразного судового оборудования, детали которого подвергаются износу в процессе эксплуатации. В состав этих материалов входят эпоксидные смолы, обладающие высокими механическими свойствами, и некоторые виды наполнителей, различные виды герметиков, синтетических клеев, что позволяет эффективно восстанавливать работоспособность изношенных элементов, а также защищать их при дальнейшей эксплуатации.

В последние годы несколько изменилась функция полимерных материалов в любой отрасли. Из полимеров стали изготавливать все больше относительно мелких, но конструктивно сложных и ответственных деталей машин и механизмов, и в то же время все чаще полимеры стали применяться в изготовлении крупногабаритных корпусных деталей машин и механизмов, несущих значительные нагрузки. Полимерные вещества внедрились во все сферы человеческой деятельности – технику, машиностроение, судоремонт, судостроение. Ежедневно мы сталкиваемся с различными пластмассами, резинами, синтетическими волокнами. Полимерные материалы обладают многими полезными свойствами: они высокоустойчивы в агрессивных средах, хорошие диэлектрики и теплоизоляторы. Некоторые полимеры обладают высокой стойкостью к низким температурам, другие – водоотталкивающими свойствами и так далее. Полимерные материалы (конструкционные, теплоизоляционные, отделочные, клеевые, герметизирующие и др.) на морском и речном транспорте применяют главным образом для судоремонта. При этом существенно улучшается качество, повышается эффективность и сокращается период ремонтных работ, увеличиваются сроки службы судового оборудования, деталей и механизмов и улучшается техническое обслуживание флота. При ремонтно-монтажных работах широко используют эпоксидные и полиэфирные смолы, детали судового машиностроения и каютного оборудования изготавливают из полиамида. Весьма эффективно применение пенопластов для теплоизоляции и восстановления деталей судовых устройств, механизмов и оборудования, а также синтетических смол для технологических и ремонтно-эксплуатационных нужд.

Металлополимеры – это различные, от паст и гелей до легкотекучих композиций ремонтные составы на основе специальных, модифицированных физико-химическим способом эпоксидных смол, наполненных многокомпонентным наполнителем из металлических, керамических и минеральных частиц, придающих требуемые физико-технологические свойства металлополимерам: высокую механическую прочность и адгезию к различным металлам (в том числе чугуну, нержавеющей стали, цветным металлам и т.д.), дереву, стеклу, бетону, керамике, пластмассам (текстолит, стекло-пластик и т.п.), сохраняемые при длительной эксплуатации в водяной, масляной, химически активной среде, при высоких (до 200 °С) температурах и давлении (до 250 кг/см²). Металлополимеры обладают повышенной стойкостью к механическому, коррозионному, эрозионному и кавитационному износу, воздействию различных кислот и щелочей. Металлополимеры просты в применении. Это составы «холодного» отверждения, после которого могут подвергаться любой механической обработке наряду с металлами: точению, фрезерованию, строганию и т.п. При использовании металлополимеров не следует полностью заменять остальные методы ремонтно-восстановительных работ: сварку, наплавку и т.п., а постараться определить те области, где применение металлополимеров будет наиболее эффективным, простым и надежным, а применение других методов

чаще всего невозможно. При этом следует создавать благоприятные условия работы металлополимеров в восстановленной детали: выбирать наиболее оптимальную схему ремонта, тщательно соблюдать технологические рекомендации при подготовке ремонтируемой поверхности и т.д. К наиболее распространенным и эффективным видам восстановительных работ с использованием металлополимерных композиций можно отнести ремонт судовых машин и механизмов (электродвигателей, двигателей внутреннего сгорания, водяных и масляных насосов, на ремонт поверхностей гребных винтов, перьев рулей и направляющих насадок гребных винтов, насосного оборудования и трубопроводов, валопроводов, теплообменных аппаратов, топливных и масляных цистерн, цистерн питьевой воды, доннозаборной арматуры, корпусов насосов, компрессоров, редукторов и т.д.).

Типовые примеры использования различных синтетических и металлокомпозитных материалов.

Библиографический список

1. Курников, А.С. Технология судоремонта: курс лекций / А.С. Курников, В.А. Орехов, С.Ю. Ефремов. – Изд-во ФБОУ ВПО «ВГАВТ», 2008. – 240 с.
2. Интернет-ресурсы «Судостроение и судоремонт» <http://shipbuilding.ucoz.ru>

УДК 539.4.013.3:669

ОСКИРКО А.А., МЫЛЬНИКОВ В.В.

ЦИКЛИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ РЕССОРНО-ПРУЖИННОЙ СТАЛИ В РАЗЛИЧНОМ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОМ СОСТОЯНИИ

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет

В современном материаловедении изучение природы усталостного разрушения материалов является одной из приоритетных задач, вследствие того, что от сопротивления усталости металлических материалов во многом зависят прочность и долговечность конструкций и изделий в машиностроении, авиастроении и других видах промышленности [1-8].

Цель работы - оценка циклической работоспособности стали 60С2А по повреждению поверхностных слоев материала при разной термической обработке, испытанных по различным схемами нагружения.

Исследовали конструкционную рессорно-пружинную сталь марки 60С2А. Данная сталь применяется для изготовления тяжелонагруженных пружин, торсионных валов, пружинные кольца, цанги, фрикционные диски, шайбы Гровера и др.

Сталь марки 60С2А, испытанная в состоянии поставки и термообработки, показывает среднюю величину наклона левой ветви кривой усталости - $\text{tg } \alpha_w$. Исследование структуры позволило установить, что на поверхности образцов возникают глубокие, извилистые полосы скольжения, расположенные на большом расстоянии друг от друга. Растровый электронный микроскоп позволяет видеть глубокие полосы скольжения с рваными краями. Повреждаемость поверхности также близка к средней величине. Вид испытания и термическая обработка значительно сказывается на показателях сопротивления усталости. Закалка образцов на категорию прочности $\text{HRC} = 52$ и по схеме консольного изгиба с вращением, и при циклическом кручении приводит к существенному увеличению предела выносливости σ_{-1} .

При испытании образцов в состоянии поставки более сильно увеличивается $\text{tg } \alpha_w$, чем у закаленных. По сравнению с закаленными образцами предел выносливости при изменении вида испытания изменяется менее существенно. Следует отметить, что при испытании серии образцов наблюдается существенный разброс экспериментальных данных, о чем свидетельствует низкое значение коэффициента корреляции $K_{\text{кор}} = 0,7747$.

Установлено, что вид испытания (смягчение схемы нагружения - консольный изгиб с вращением) и термическая обработка образцов из стали 60С2А способствуют увеличению предела выносливости и «улучшению» показателей сопротивления усталости.

Библиографический список

1. Готтштайн, Г. Физико-химические основы материаловедения: [пер. с англ. К.Н. Золотовой, Д.О. Чаркина] / Г. Готтштайн; под. ред. В.П. Зломанова. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 400 с.
2. Мак-Ивили А. Дж. Анализ аварийных разрушений / [пер. с англ. Э.М. Лазарева, И.Ю. Шкадиной] / Мак-Ивили А. Дж. Анализ; под. ред. Л.Р. Ботвиной. – М.: Техносфера, 2010. – 416 с.
3. Иванова, В.С. Количественная фрактография. Усталостное разрушение / Иванова В.С., Шаняевский А.А.. – М.: Металлургия, 1988. – 399 с.
4. Mughrabi, H. Cyclic deformation and fatigue of selected ferritic and austenitic steels; specific aspects / H. Mughrabi, H. - J. Christ // ISIJ International. – 1997. – Vol. 37. – № 12. – P. 1154–1169.
5. Мыльников, В. В. Об оценочных критериях долговечности углеродистых сталей / В. В.Мыльников, Д. И. Шетулов, Е. А. Чернышов // Технология металлов. – 2010. – № 2. – С. 19–22.
6. Мыльников, В. В. Влияние частоты циклического нагружения на сопротивление усталости высокопрочных конструкционных материалов / Мыльников В. В., Чернышов Е. А., Шетулов Д. И. // Заготовительные производства в машиностроении. – 2009. – №2. – С. 33–36.
7. Терентьев, В. Ф. Усталостная прочность металлов и сплавов / В. Ф Терентьев. – М.: Интернет инжиниринг, 2002. – 288 с.

УДК 539.4.013.3:669

ОСКИРКО А.А., МЫЛЬНИКОВ В.В., КОНДРАШКИН О.Б.

ОСОБЕННОСТИ РАЗРУШЕНИЯ ВЫСОКОПРОЧНОЙ СТАЛИ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ НА УСТАЛОСТЬ

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет

Циклическое нагружение приводит к изменению многих свойств металлов и сплавов: увеличивается фрагментация, искажается структура, изменяется сопротивление деформации вследствие процессов упрочнения-разупрочнения и т.д. [1–7]. Принимая предположение, что структурные изменения в поверхностных слоях материала связаны с процессами упрочнения-разупрочнения при усталости, следует ожидать, что их величина будет зависеть от условий нагружения, в частности от частоты циклов.

Целью представленной работы является анализ структуры, поверхности разрушения и оценка изменения показателей сопротивления усталости образцов стали 30ХГСН2А, а также трактовка наблюдаемых изменений упрочнения поверхности при различных частотах и схемах циклического нагружения.

В качестве материала исследования была использована сталь 30ХГСН2А, термообработанная на различные категории прочности и испытанная при разных частотах нагружения при разных схемах нагружения. Микроструктуру стали на разных этапах наработки изучали с помощью оптического микроскопа МИМ-7 и KEYENCE VHX-100. Трехмерную фрактографическую картину структуры получали с использованием оптического микроскопа KEYENCE VHX-100. Измерение микротвёрдости выполняли на приборе ПМТ-3 с нагрузкой на пирамидку Виккерса 0,98 Н (100 г).

Анализ экспериментальных данных показывает, что увеличение частоты циклов нагружения и, в дополнение к этому, смягчение схемы напряженного состояния (деформация изгиба вращающегося цилиндрического образца) приводят к заметному уменьшению параметра $\text{tg } \alpha_w$ (наклона левой ветви кривой усталости), т.е. к улучшению характеристик сопротивления усталости. Коэффициент корреляции $K_{\text{кор}}$ выражающий степень сходимости экспериментальных результатов испытаний и определяющий стабильность поведения стали имеет во всех случаях достаточно высокие значения, что по всей видимости зависит от их малых размеров и соответственно, большей чувствительностью к воздействию различных как внешних, так и внутренних факторов. Установлено, что вид испытания, частота и термическая обработка образцов из стали 30ХГСН2А способствуют увеличению предела выносливости и улучшению показателей сопротивления усталости.

Библиографический список

1. **Коцаньда, С.** Усталостное растрескивание металлов: [пер. с польск. Г.Н. Мехеда] / С. Коцаньда; под ред. С.Я. Яремы. – М.: Металлургия, 1990. – 432 с.
2. Физическая мезомеханика и компьютерное конструирование материалов: в 2-х томах / под ред. В.Е. Панина. – Новосибирск: Наука, 1995. – С. 297–320.
3. **Панин, В.Е.** Поверхностные слои нагруженных твердых тел как мезоскопический структурный уровень деформации // Физ. мезомех. – 2001. – Т. 4. – №3. – С. 5-22.
4. **Mylnikov, V.V.** Variation in factors of fatigue resistance for some pure metals as a function of the frequency of loading cycles / Mylnikov V.V., Shetulov D.I., Chernyshov E.A. // Russ. J. Non-Ferr. Met. – 2010. – Vol. 51. – No. 3. – P. 237–242.
5. **Mylnikov, V.V.** Investigation into the Surface Damage of Pure Metals Allowing for the Cyclic Loading Frequency / Mylnikov V.V., Shetulov D.I., Chernyshov E.A. // Russ. J. Non-Ferr. Met. – 2013. – Vol. 54. – №. 3. – P. 229–233.
6. **Терентьев, В.Ф.** Периодичность и стадийность разрушения металлических при усталости // Деформация и разрушение материалов. – 2013. – № 10. – С. 02-07.
7. **Suresh, S.** Fatigue of metals. Cambridge University Press, 2006. – 701 p.

УДК 669.621

РАЖЕВА К.В. ЛАЗАРЕВ Д.И. ФОМИЧЕВ А.С.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ МАРТЕНСИТНО-ФЕРРИТНОЙ СТАЛИ 14X17H2 С ЦЕЛЬЮ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИИ УПРОЧНЯЮЩЕЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Необходимость проведения данной работы обусловлена недостаточностью информации по технологии термической обработки сталей мартенситно-ферритного класса. Вопросы обеспечения стабильности структурного состояния и механических свойств являются весьма актуальными для производства и обработки крупногабаритных изделий из стали 14X17H2 при оценке и продлении их ресурса.

В работе представлены результаты исследования кинетики формирования микроструктуры и свойств стали 14X17H2 при различных режимах термической обработки, проведено исследование химического состава сплава, а также определены оптимальные режимы термической обработки образцов для получения гарантируемого уровня требуемых механических свойств.

На основе анализа литературных источников и практического эксперимента была исследована микроструктура и механические свойства стали 14X17H2 после различных режимов термической обработки, которые применяются для получения определенного повышенного комплекса свойств [1, 2]. Также были проведены измерения микротвердости в различных зонах структуры стали 14X17H2 и установлено влияние различных легирующих элементов на изменение ее свойств.

В результате проведенных исследований была разработана технология упрочняющей термической обработки, которая заключается в закалке при температуре 1010°C с охлаждением в масле и высокий отпуск при температуре 690°C с охлаждением на воздухе, при которой обеспечиваются оптимальные показатели механических свойств стали 14X17H2 [3].

Библиографический список

1. **Гуляев, А.П.** Металловедение: учебник для вузов / А.П. Гуляев. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1986. – 544 с.
2. **Химушин, Ф.Ф.** Нержавеющие стали / Ф.Ф. Химушин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1967. – 800 с.
3. **Братухин, А.Г.** Высокопрочные коррозионно-стойкие стали современной авиации / А.Г. Братухин, О.Ф. Демченко, Н.Н. Долженков, Г.С. Кривоногов. – М.: МАИ. 2006. – 656 с.

**ВОПРОСЫ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ОБЛИЦОВОК
ДЛЯ САМОФОРМИРУЮЩЕГОСЯ УДАРНОГО ЯДРА**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,
ПАО «Завод имени Г.И. Петровского»

Заводом имени Г.И. Петровского при участии Нижегородского государственного технического университета имени Р.Е. Алексеева проведены исследования и натурные испытания при проектировании и изготовлении изделий, оснащённых снарядо-формирующими зарядами (СФЗ). Результаты, полученные при проведении испытаний, свидетельствуют о возможности повышения тактико-технических характеристик у изготовленных определёнными способами изделий.

При изготовлении облицовок типа ударного ядра следует рассматривать совокупность как конструкторских, так и технологических факторов. Только при взвешенном сочетании технических факторов в целом возможно добиться желаемого результата. В технологическом аспекте данного вопроса следует обратить внимание на состояние металла в процессе изготовления. Попутно необходимо совершенствование методик контроля заданных параметров на всех этапах производства изделия.

Были проведены эксперименты с облицовками, изготовленными из тантала и меди. При равных условиях применения СФЗ медные облицовки показали превосходство перед танталовыми: в меньшей трудоёмкости изготовления, высокой технологичности обработки, стабильности ядра, надёжности тактико-технических характеристик. Кроме того, производство танталовой заготовки сопровождается образованием большого количества технологических неоднородностей и структурных дефектов, от которых при последующей обработке крайне сложно избавиться.

Наличие структурных дефектов, в том числе дефектов тонкой структуры (дислокации) существенно замедляет набор скорости центральной частью, при этом снижение темпа набора скорости выражено и для периферийных элементов. Можно предположить, что уменьшение количества структурных дефектов разного вида приведет к ослаблению интенсивности зарождения и развития повреждаемости металла на начальной стадии разгона и деформации облицовки, и к тенденции предотвращения пластического разрушения ее материала на последующей стадии функционирования СФЗ.

Как отмечается [1, 2], удачное соотношение сравнительно высокой прочности и пластичности делает материалы для изготовления облицовки более предпочтительными. Таким образом, вопросы материаловедения, предусматривающие анализ макро- и микро-структуры используемых материалов, а также состояние их тонкой структуры приобретают особое значение для увеличения технологичности данных изделий и формирования у них повышенного и оптимального комплекса физико-механических свойств.

Библиографический список

1. **Потапов, И.В.** Математическое моделирование взрывного формирования стальных поражающих элементов / Потапов И.В., Колпаков В.И., Шикунев И.В., Якимов Г.А. // International Conference. Shock Waves in Condensed Matter. Saint-Petersburg Novgorod, Russia. 5–10 September. Novgorod. – 2010. – С. 184–188.
2. Расчетная модель изотропной кинетики пластического разрушения: сравнение двумерных расчетов и экспериментальных данных / Б.Л. Глушак, А.Г. Иоилев, А.А. Садовой и др. // Прочность, разрушение и диссипативные потери при интенсивных ударно-волновых нагрузках: сб. науч. ст. под ред. А.А. Садовой, С.В. Михайлова. Саров: РФЯЦ–ВНИИЭФ, 2009. – С. 270–277.

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ВОЗНИКНОВЕНИЕ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В СТАЛИ 5ХНМ

Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева

Сталь 5ХНМ является перспективным материалом для изготовления крупногабаритных штамповых инструментов, работающих при высоких ударных нагрузках. Она обладает высокой закаливаемостью и прокаливаемостью (более 300 мм), что необходимо для обеспечения требуемых эксплуатационных свойств материалу пресс-форм и штампов [1]. Кроме закаленного слоя одной из важных характеристик, отвечающих за стойкость молотовых штампов, является уровень остаточных напряжений [2].

В процессе изготовления штампов и других крупногабаритных продуктов на стадии проведения термической обработки вследствие высокого температурного и структурного градиента в таких изделиях возникают значительные остаточные напряжения. В связи с большими сечениями изготавливаемых изделий (до 300 мм), высоким содержанием углерода в стали и малой её пластичностью, а также с коротким температурным промежутком мартенситного превращения проблема возникновения значительных остаточных напряжений является весьма актуальной. Такие напряжения могут приводить к образованию трещин на поверхности детали и существенно сократить срок её эксплуатации.

Оперативная оценка величины остаточных напряжения в современной промышленности достаточна актуальна. Известно, что для определения величины остаточных напряжений уже долгое время применяют рентген.

В данной работе измерения величин остаточных напряжений основаны на применении акустических упругих волн. Подобная методика позволяет быстро и с высокой точностью оценить качество выполненной ТО любого изделия, имеющему односторонний доступ к поверхности.

Для достоверности полученных данных результаты акустического метода проводится сравнение с результатами рентгеноструктурного анализа.

В ходе проведенных акустических и рентгеновских измерений были получены данные о напряженном состоянии исследуемых образцов (рис. 1).

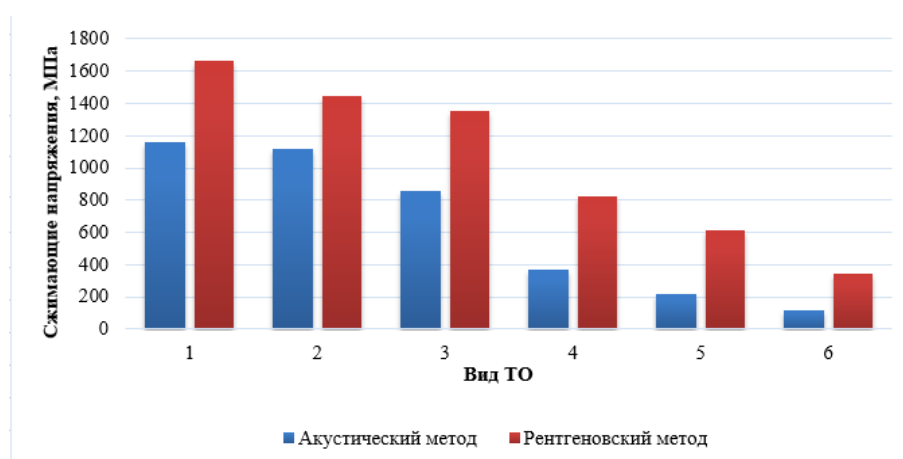


Рис. 1. Зависимость величины остаточных напряжений от твердости стали 5ХНМ

Библиографический список

1. **Рябов, Д.А.**, Хлыбов А.А., Минков К.А., Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2018. №1(120). – С. 196–203.
2. **Гостев, К. А.** Влияние напряжений в прокатных валках на их эксплуатационную надежность // Сталь. – 2008. – № 11. – С. 78–87.

САЗАНОВА Т.С.¹, ОТВАГИНА К.В.¹, ШЕСТОПЕРОВА Т.А.², ВОРОТЫНЦЕВ И.В.¹

ОСОБЕННОСТИ ПОВЕРХНОСТИ НЕПОРИСТЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МЕМБРАН И ИХ ВКЛАД В ПРОЯВЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева¹,
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского²

В настоящее время интенсивно развиваются мембранные технологии разделения газовых смесей. Важной характеристикой мембран, помимо газотранспортных свойств, является механическая прочность, которая коррелирует не только с физико-химическими свойствами материала, но и с особенностями его поверхности [1].

В работе с целью установления корреляций типа структура поверхности / механические свойства с помощью метода атомно-силовой микроскопии (АСМ) детально изучены образцы непористых однослойных полимерных мембран на основе полисульфона (ПС), триацетата целлюлозы (ТАЦ) и поливинилового спирта (ПВС).

Полимерные пленки отливали из соответствующих растворов с использованием автоматической машины для нанесения тонких пленок MemcastPlus (Pogometer, Бельгия) на трех стеклянных подложках с различной шероховатостью. Поверхность подложек и полученных полимерных пленок изучали на сканирующем зондовом микроскопе SPM-9700 (Shimadzu, Япония).

Согласно АСМ-результатам шероховатость поверхности полимеров возрастает с ростом шероховатости стеклянных подложек, что вполне логично. Но следует отметить, что шероховатости поверхности пленок в случае самой «гладкой» подложки сильно разнятся в отличие от двух других случаев. Это можно объяснить следующим образом. Жесткоцепные свойства исследуемых полимеров уменьшаются в следующем ряду: ПС, ТАЦ, ПВС. Следовательно, чем выше межмолекулярная свобода вращения полимера, тем больше его поверхность отражает структуру стеклянной подложки и ее шероховатость. При больших значениях шероховатости стекла этот эффект нивелируется.

Механические свойства полимерных пленок (прочность на растяжение) определяли на универсальной испытательной машине Zwick Z005 (Zwick Roell, Германия). С ростом шероховатости поверхности ПС его прочность на разрыв уменьшилась с 56 до 44 МПа. Предполагается, что эта тенденция связана с увеличением дефектности стержнеобразной упаковки макромолекул жесткоцепного ПС. Противоположная тенденция наблюдалась в случае ПВС. Его прочность на растяжение увеличилась с 61 до 85 МПа, что объясняется вероятным образованием дополнительных водородных связей в увеличенном за счет рельефа приповерхностном слое этого гибкоцепного полимера. В отличие от ПС и ПВС, прочность на разрыв ТАЦ не изменилась (около 57 МПа), что связано с его жесткоцепными свойствами наряду со способностью к образованию водородных связей.

Таким образом, показано, что механические свойства полимерных материалов можно контролировать, изменяя шероховатость их поверхности с учетом их химической природы. При этом необходимые корреляции типа «структура/свойства» могут быть установлены с использованием рассмотренного подхода на основе АСМ.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда в рамках проекта № 18-19-00453.

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ПЕРЕООРУЖЕНИЕ ТЕРМИЧЕСКОГО ЦЕХА ПАО
«НОРМАЛЬ»**

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева

Промышленные предприятия потребляют до 80% энергии, производимой в стране, поэтому актуально применение технологии энергосбережения в промышленности. Стоимость энергоносителей постоянно растет. Учитывая высокую степень энергопотребления при эксплуатации печей, термического оборудования, особо актуальным представляется вопрос об осуществлении жёсткой экономии энергии путём применения технологий энергосбережения, новых материалов и конструкций при строительстве новых печей и реконструкции действующего термического парка.

Современное производство поставило задачу резкого увеличения качественной стороны процессов нагрева, то есть точности и равномерности нагрева при одновременной экономии энерго- и материалозатрат. В связи с этим для повышения эффективности работы печей возникает необходимость рассмотрения комплекса вопросов, включающего в себя усовершенствование агрегатов нагрева.

Целью исследования является повышение экономической эффективности работы термического цеха за счет смены оборудования.

Задачи проекта:

- осуществление стандартного аналитического обзора источников информации об термических печах;
- расчет и проектирование конструкции термической печи;
- применение разработанной камерной термической печи в термическом цехе ПАО «Нормаль».

Оборудование термических цехов принято делить на три группы:

1) основное – для нагрева и охлаждения деталей: печи, установки, холодильные камеры, закалочные баки, машины и прессы, оборудование для напыления покрытий;

2) дополнительное – для дополнительных операций в термических цехах: правильные прессы, пескоструйные и дробеструйные камеры, моечные машины, ванны для травления и обезжиривания;

3) вспомогательное:

- установки для приготовления контролируемых и защитных атмосфер, воздухоудовки, устройства для охлаждения воды и масла и так далее;
- подъемно-транспортное оборудование (краны, монорельсы, конвейеры и так далее);
- оборудование для контроля качества термической обработки (твердомеры, наждаки, стилоскопы и так далее).

Термическая печь – печь для термической обработки металлических изделий. Термические печи служат для придания определенных свойств изделиям или их поверхностям. Высокотемпературные печи применяют для нагрева стальных изделий в интервале внутриструктурных превращений (700-1200 С), а низкотемпературные для нагрева до 250-700 С, то есть ниже области внутриструктурных процессов.

Принцип работы термической печи

В электропечах периодического действия изделия загружаются в рабочее пространство через загрузочные отверстия и находятся в нем, как правило, без движения в течение всего технологического процесса. В электропечах непрерывного действия обрабатываемые изделия с помощью транспортной системы передвигаются от загрузочного отверстия печи к разгрузочному, разогреваясь до необходимой температуры и претерпевая требуемые по технологическому процессу превращения. Печи непрерывного действия по сравнению с печами периодического действия имеют значительно большую производительность; их сравнительно просто комплектовать в поточные и автоматические линии (рис. 1, рис. 2).

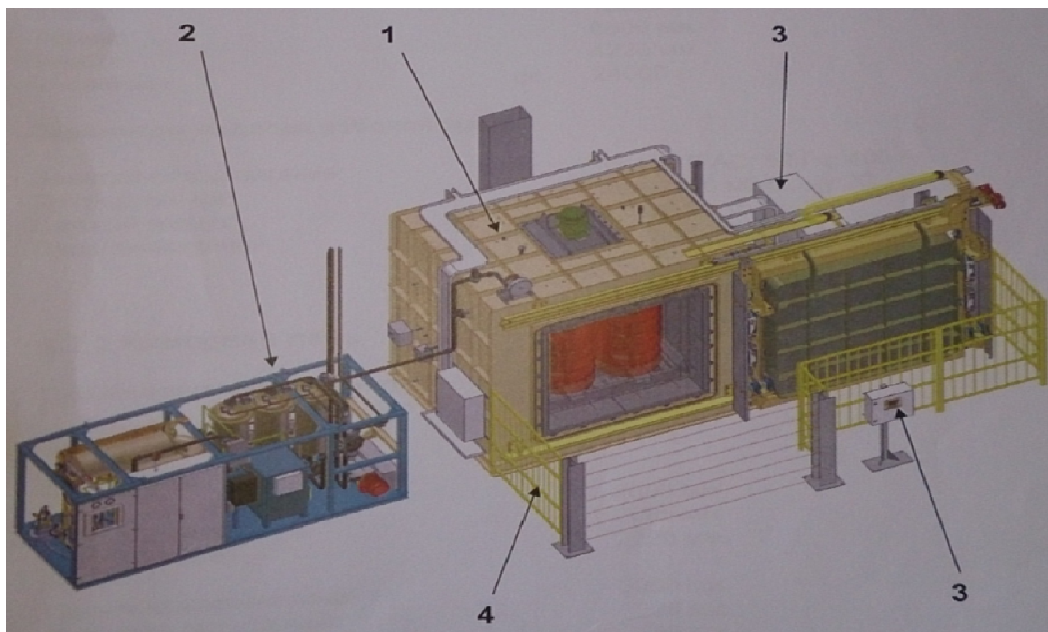


Рис. 1. 1 – камерная печь с агрегатом охлаждения; 2 – генератор защитного газа; 3 – распределительный шкаф и система управления; 4 – защитная зона

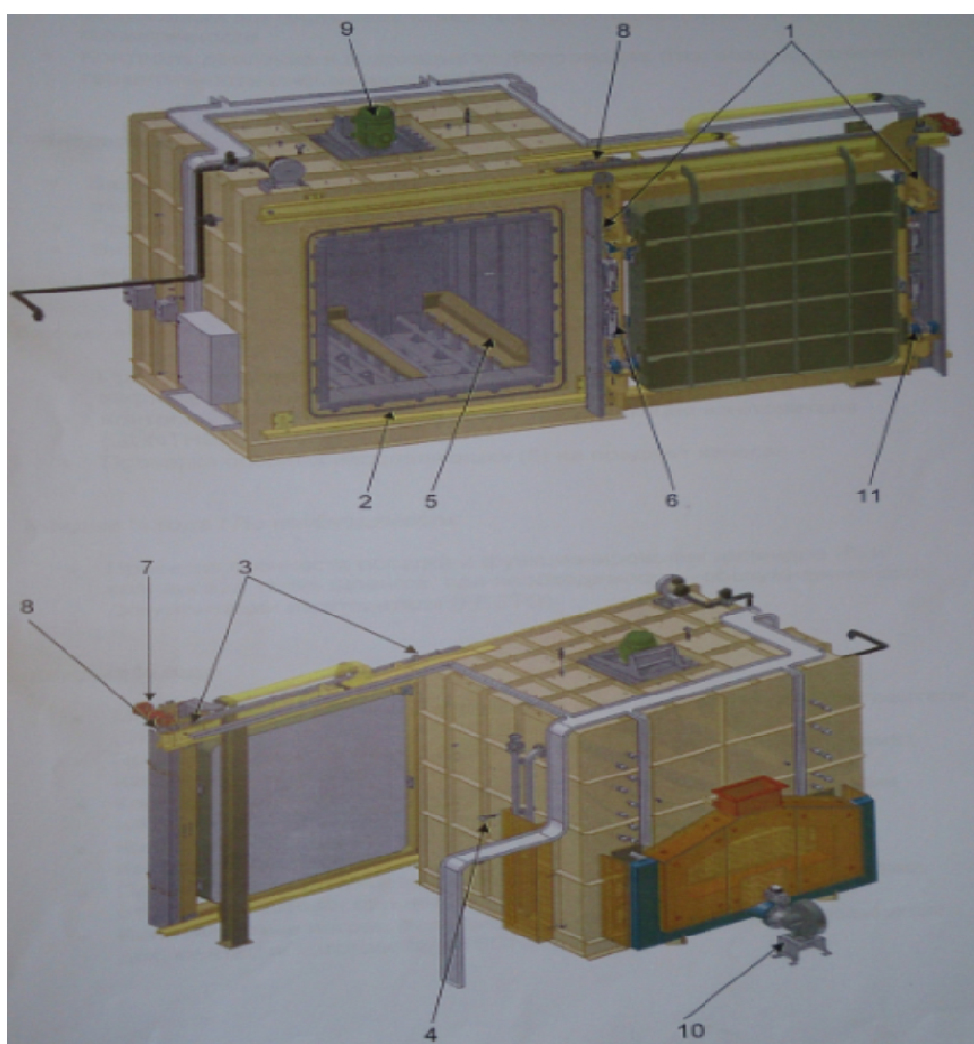


Рис. 2. 1 – датчик присутствия; 2 – дверной уплотнитель; 3 – рычажной выключатель; 4 – термоэлемент; 5 – опорные направляющие; 6 – цилиндр; 7 – мотор-редуктор; 8 – зубчатое колесо; 9 – перемешивающий вентилятор; 10 – радиальный вентилятор; 11 – опорный подшипник

Классификация термических печей возможна по:

- применяемому энергоносителю;
- характеру загрузки-выгрузки обрабатываемых изделий;
- расположению рабочего пространства;
- использованию искусственно приготовленных печных атмосфер;
- технологическому назначению;
- устройству рабочей камеры;
- конструктивному исполнению;
- рабочей температуре;
- типу термообрабатываемого материала.

Различное конструктивное исполнение термических печей сопротивления (рис. 3).

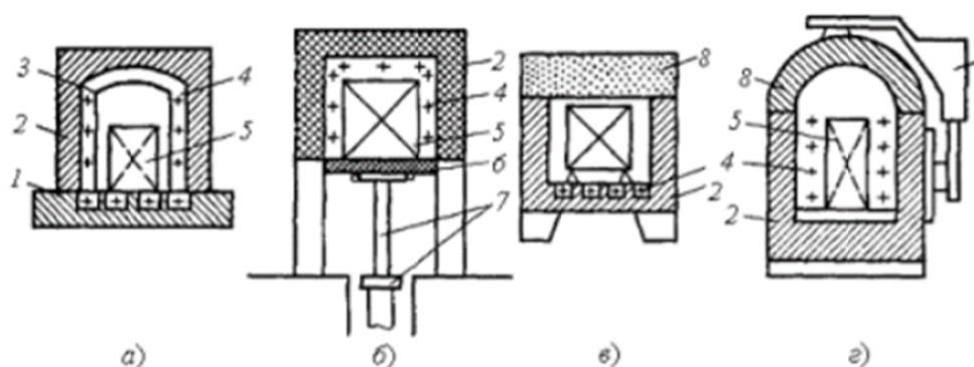


Рис. 3. *а* – колпаковая; *б* – элеваторная; *в* – камерная; *г* – шахтная;
 1 – стенд; 2 – камера печи; 3 – жаропрочный муфель; 4 – нагревательные элементы;
 5 – нагреваемое изделие (садка); 6 – опускающийся под; 7 – подъемное устройство;
 8 – свод; 9 – механизм подъема свода

После подробного рассмотрения конструктивных и технологических особенностей и теплотехнического расчета камерной термической печи сопротивления был сделан вывод, что камерная термическая печь сопротивления имеет меньшую мощность, чем шахтная термическая печь сопротивления, имеющаяся на предприятии. Мощность камерной термической печи сопротивления составляет 216 кВт/ч, а мощность шахтной термической печи сопротивления составляет 280 кВт/ч. Исходя из этого, можно сказать, что камерная термическая печь сопротивления имеет лучшую экономическую эффективность по расходу электроэнергии.

Полученные данные по камерной термической печи сопротивления:

- мощность нагрева – 216 кВт;
- наружные размеры корпуса – (длина x ширина x высота) 4000 x 6000 x 4200 мм;
- размеры садки – (длина x ширина x высота) 2000 x 2000 x 2000 мм;
- нагревательный элемент - X25H20 (ЭП-74) Сг 24.0- 27,0; № 17,0-20,0;
- нагревательный элемент – (диаметр x длинна) 3,6 x 8040 мм.

Выводы

1. Разработана конструкция камерной термической печи сопротивления, обеспечивающая стабильную и надежную работу.

2. Разработана камерная термическая печь сопротивления, которая, имея идентичную с уже имеющимся оборудованием на предприятии производительность, потребляет меньшее количество электроэнергии.

3. Подобраны основные технические узлы данной установки. Представлена функциональная схема автоматического регулирования основных технологических параметров.

4. В ходе работы были рассмотрены основные показатели эффективности проекта. Определены затраты на реализацию проекта, которые включают в себя проектирование, затраты на материал, изготовление и монтаж. Также была определена экономия от реализации проекта. С помощью расчетов был определен чистый дисконтированный доход базового и нового проекта, что позволило нам убедиться в экономической эффективности нового проекта.

5. Произведена оценка опасных и вредных производственных факторов, проведен анализ вредных выбросов, их влияния на окружающую среду и человека.

УДК 621.981.1

МАГИН Д.Ю., ХЛЫБОВ А.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ И ПЛАСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТАЛИ 30ХГСА

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева

Широкое распространение методов пластической деформации обуславливается их высокой производительностью и высоким качеством изготавливаемых изделий. Получаемые заготовки максимально приближены по форме и размерам к готовым деталям, что позволяет оптимизировать технологический процесс.

В процессе изготовления высокопрочных цепей методом пластического изгиба, наблюдаются случаи разрушения металла на внутренней радиусной части звена. Основными причинами образования такого рода дефекта могут быть: критический радиусгиба прутка; высокая степень и скорость деформации на этапе гибки; условия холодной деформации в процессе гибки; наличие поверхностных дефектов; ликвация легирующих элементов по сечению прутка стали.

С целью снижения вероятности образования трещин предполагается провести термическую обработку стали из которой изготавливается цепь.

В работе исследуется влияние термической обработки на структуру и механические свойства конструкционной стали 30ХГСА. В частности показано, что:

- в исходном состоянии, после изготовления и прокатки, сталь имеет структуру смесь феррита и пластинчатого перлит (феррит + цементит в форме пластинок);
- после дополнительной циклической термообработки в виде сфероидизирующего отжига, сталь имеет структуру феррита и зернистого перлита (феррит + цементит в форме зернышек).

В результате исследований, показано что конструкционная сталь 30ХГСА в состоянии: после дополнительной термической обработки в сравнении с исходным состоянием, имеет более высокие пластические характеристики при незначительном снижении прочностных свойств.

Полученный результат объясняется зависимостью пластических характеристик от формы цементита в микроструктуре стали, которая заключается в том, что в зернистой микроструктуре за счёт круглой формы цементита, расстояние между границами зерен увеличивается, что способствует снижению прочности и увеличению пластичности стали.

СЕКЦИЯ 7

ФИЗИКА ЯДЕРНЫХ И ВОЛНОВЫХ ПРОЦЕССОВ, ТЕХНОЛОГИИ УСТАНОВОК

Подсекция 7.1

Ядерная энергетика

УДК 621

БАРАНОВА Л.В., БОКОВА Т.А., ГАДЕТОВ В.А., КОРОТАЕВ Р.А.

СОСТОЯНИЕ ПРИСТЕННОГО СЛОЯ ПРИ ВРАЩЕНИИ ВАЛА В ЗАТЕСНЕННОМ ОБЪЕМЕ В РАСПЛАВЕ СВИНЦА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

На основании накопленных результатов многолетних исследований и опыта эксплуатации подтверждено, что работоспособность сталей с высокотемпературными (400-600°C) свинец-висмутовым и свинцовым теплоносителями может быть обеспечена только за счет формирования и поддержания на их поверхностях защитных покрытий.

В данном докладе были проанализированы и описаны основные результаты работ, проводимые по данной тематике.

В докладе приведена часть разработанной методика проведения эксперимента и принципиальная схема стенда ТВС-2018 НГТУ для исследования процессов взаимодействия модели узла ГЦН РУ вращающийся вал – кольцевой слой ТЖМТ – стенка кронштейна ГЦН. Приведены краткое обобщение ожидаемых зависимостей после проведения эксперимента. Прогнозируются возможные значения величины микротвердости пристенной области образца после «экспресс-замораживания», химический анализ частиц примесей, значение параметров шероховатостей после «экспресс-замораживания».

Исследования проблем трибологии и анализ их результатов в контурах инновационных реакторов на быстрых нейтронах, охлаждаемых свинцовыми и свинцово-висмутными теплоносителями, будут способствовать выработке обоснованных рекомендаций по проектированию механизмов и петель, содержащих контактные пары в высокотемпературных жидкометаллических теплоносителях.

УДК 621.039

БРОННИКОВ С.В., АНОШКИН Ю.И., АФРИН М.М., РОГОВ С.А.

ПРОГРАММА РАСЧЕТА И ОПТИМИЗАЦИИ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ СУДОВОЙ ПТУ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Программное обеспечение (ПО) предназначено для упрощения учебной и инженерной деятельности. ПО позволяет рассчитывать тепловую схему при выбранных базовых параметрах и, основываясь на них, оптимизировать ее в заданных интервалах.

В качестве методологии была использована теория, описанная в учебных пособиях [1] и [2], с получением всех необходимых итоговых параметров.

Данное ПО написано на языке программирования C++, который наиболее полно подходит для инженерных расчетов. Также используются библиотеки freesteam, позволяющие автоматизировать расчет теплофизических свойств воды и водяного пара. Для создания графического интерфейса программы применены средства разработки Qt libraries и Qt Creator, что облегчает разработку и делает программу кросс-платформенной.

В ходе разработки программы была проведена аппроксимация всех графических зависимостей. Это дополнительно позволило свести к минимуму вмешательство конечного пользователя в процесс расчета.

Преимущества ПО:

1. Ускорение процесса расчета и оптимизации.
2. Простота графического интерфейса. Наглядность данных для дальнейшей оптимизации.
3. Возможность вывода в текстовый файл полного расчета тепловой схемы.
4. Библиотеки freesteam отвечают международному стандарту IAPWS-IF97, уравнения которого гарантируют минимальную погрешность теплофизических свойств воды и водяного пара.
5. В ходе разработки использовалось только свободно распространяемое программное обеспечение.

ПО можно использовать при:

- 1) проверке курсовой или дипломной работы преподавателем, что упрощает процесс и экономит время;
- 2) проверке и расчете курсовой или дипломной работы студентами, что способствует своевременному выявлению ошибок;
- 3) проектировании реальной тепловой схемы для судового ядерного реактора на предприятиях, при условии совершенствования и углубления программного обеспечения.
- 4) проведении научно-исследовательских работ.

Библиографический список

1. **Аношкин, Ю.И.** Расчет тепловой схемы ПТУ судовой ядерной энергетической установки: учеб. пособие / Ю.И. Аношкин; НГТУ им. Р.Е.Алексеева. – Нижний Новгород, 2004. – 68 с.
2. **Семека, В.А.** Тепловой расчет судовых паротурбинных установок / В.А. Семека. – М.: Транспорт, 1965. – 261 с.

УДК 621.039

ДОБРОВ А.А., ДОРОНКОВ Д.В., ЛЕГЧАНОВ М.А.,
НИКИФОРОВА М.П., РЯЗАНОВ А.В.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОТОКА ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ ЗА ПЕРЕМЕШИВАЮЩЕЙ РЕШЕТКОЙ ТВС-КВАДРАТ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В АО «ОКБМ Африкантов» разработана конструкция ТВС–КВАДРАТ для активной зоны реакторов PWR, конкурентоспособная с зарубежными аналогами по надежности, безопасности, экономичности и технологичности. В частности, в ТВС-КВАДРАТ использованы апробированные и зарекомендовавшие себя в ТВС для реакторов ВВЭР конструкторские решения.

Одним из таких решений является применение оригинальных перемешивающих дистанционирующих решеток (ПДР), предназначенных для интенсификации процессов тепло- и массопереноса в активной зоне. Особое внимание следует уделить конструкции ПДР, а

именно: геометрии и расположению дефлекторов, а также выбору угла отгиба их относительно осевого направления движения потока теплоносителя. Следовательно, варианты исполнения ПДР для ТВС-КВАДРАТ требуют поиска оптимального конструктивного решения с точки зрения таких показателей, как эффективность перемешивания потока, гидравлические потери и запас до кризиса теплоотдачи.

Обоснование теплотехнической надежности активной зоны ядерного реактора во многом базируется на теплогидравлическом расчете, что в свою очередь обязывает к большой информативности и высокой достоверности значений локальных гидродинамических характеристик потока теплоносителя. Для решения данной научно-технической задачи необходимо исследовать условия течения теплоносителя и выявить закономерности формирования потока в характерных ячейках ТВС. Поэтому исследования распределения гидродинамических характеристик потока в характерных областях ТВС-КВАДРАТ за различными типами ПДР является актуальной задачей.

Для изучения особенностей течения потока теплоносителя в ЯЭУ в НГТУ им. Р. Е. Алексеева функционирует аэродинамический экспериментальный стенд, представляющий собой разомкнутый контур, через который прокачивается воздух.

Исследования локальной гидродинамики в ТВС-КВАДРАТ проводились на 49-стержневой модели фрагмента ТВС-КВАДРАТ, выполненной с коэффициентом геометрического подобия $K_g=4,2$. Модель состоит из: квадратного чехла, цилиндрических твэл-имитаторов и исследуемых поясов ПДР.

Пояса ПДР состоят из взаимно перпендикулярных рядов пластин и восьмигранных ячеек, выполняющих функцию дистанционирования твэлов. Верхние кромки пластин снабжены дефлекторами различного конструктивного исполнения.

Экспериментальные исследования локальных гидродинамических характеристик потока теплоносителя за ПДР заключались в измерении модуля и направления вектора скорости в исследуемой точке пучка стержней. В качестве характерной ячейки для определения влияния различных типов дефлекторов на течение потока была выбрана регулярная ячейка.

Анализ пространственного распределения проекций абсолютной скорости потока позволил детализировать картину течения теплоносителя за ПДР, а так же выбрать дефлектор оптимального конструктивного исполнения.

Накопленная база данных по течению теплоносителя в ТВС-КВАДРАТ легла в основу инженерного обоснования конструкций активных зон реакторов PWR. Рекомендации по выбору оптимального варианта конструкции ПДР учитывались конструкторами АО «ОКБМ Африкантов» при создании вводимых в эксплуатацию новейших ТВС-КВАДРАТ.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации в рамках научного проекта МК-2398.2018.8.

УДК 621.039.55

ЛЕВАНОВ С.Л., ХУДЯКОВ И.С., КУВШИНОВА А.А.

ВЕРИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКОГО РАСЧЕТА НА ПРИМЕРЕ НЕЙТРОННОГО КОНВЕРТЕРА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В соответствии с программой развития НГТУ как опорного вуза лабораторная установка «Нейтронный конвертер» является одним из базовых направлений развития кафедры ЯРиЭУ и всего ИЯЭиТФ в целом. Нейтронный конвертер - установка, предназначенная для конвертации потока нейтронов в тепловую область спектра. Областью его применения является проведение научно-исследовательских и лабораторных работ.

В ходе работы были использованы две расчетные программы: DOT-III[1] и MCNP-5[2]. Данные программы основаны на разных математических методах решения по-

ставленных задач: DOT-III - на методе дискретных ординат в комбинации с методом конечных элементов, MCNP-5 - на методе Монте-Карло. Взаимная верификация позволяет повысить достоверность полученных результатов.

Расчетная модель в обоих программных кодах представляет собой несколько соосных цилиндров с расположенными между ними биологической защитой (парафин+бор) и замедлителем (графит, парафин). В центре установки расположен воздушный канал для помещения образцов.

При расчетах нейтронного конвертера по программе DOT-III использовался спектр излучения Pu-Be источника, усредненный по энергетическим группам библиотеки констант CASK-40. Так как программа DOT-III выполняет расчет в двухмерной геометрии, был выполнен расчет модели в R-Z и X-Y геометриях. Отметим, что в R-Z геометрии модели невозможно учесть влияние нескольких источников излучения на мощность дозы, то есть расчет можно произвести только для одного источника. В X-Y геометрии модели можно произвести расчет для всех источников, но при этом не будет учитываться конечный размер высоты источника. Для представления результатов в трехмерной геометрии проведен ряд дополнительных оценочных расчетов.

Основываясь на методе Монте-Карло MCNP-5 прослеживает историю каждой частицы от момента ее рождения до поглощения или вылета за пределы рассчитываемой зоны. Программа проводит усреднение по всему объему расчетной ячейки. Для соответствия результата необходимой степени точности было разыграно 10 млн историй.

В ходе сравнения и анализа результатов были получены значение максимального потока тепловых нейтронов в рабочем канале и мощность дозы на поверхности установки. Значения приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты расчетно-теоретического обоснования

Параметр	Значения
Максимальный поток тепловых нейтронов в центре канала, нейтр/см ² ·с	370
Максимальная мощность дозы на поверхности установки, мкЗв/ч	1,23

Библиографический список

1. Rhoades W.A. and Mynatt F.R. The DOT III Two Dimensional Discrete Ordinates Transport Code, ORNL TM4280, 1973.
2. X-5 Monte Carlo Team MCNP — A General Monte Carlo N-Particle Transport Code, Version 5 Volume I: Overview and Theory LANL April 24, 2003 (Revised 2/1/2008)

УДК 621.039

МАРОВ А.Р., БЕЗНОСОВ А.В., БОКОВА Т.А.

**ИСПЫТАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
МОДЕЛИ ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО ПОДШИПНИКА В СРЕДЕ ТЯЖЕЛОГО
ЖИДКОМЕТАЛЛИЧЕСКОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева.

В настоящее время активно ведутся работы по разработке и испытаниям различных узлов конструкции РУ БРЕСТ-ОД-300 предприятиями и исследовательскими центрами России. В том числе в НГТУ успешно проходят испытания по отработке моделей проточных частей ГЦН.

Нормальная эксплуатация ГЦН зависит от множества факторов, в том числе от надежной работы подшипников. В НГТУ создан стенд для отработки различных моделей подшипников, работающих в среде тяжелого жидкометаллического теплоносителя.

Целью экспериментальных исследовательских испытаний является определение триботехнических характеристик моделей гидростатического подшипника, а также геометрическое соотношение элементов подшипника на стендах НГТУ в среде тяжелого жидкометаллического теплоносителя, с учетом специфических особенностей теплоносителя в зависимости от следующего:

- числа оборотов вала n в диапазоне $n = 300 \div 1500$ об/мин;
- при варьировании величины эксцентриситета между корпусом подшипника и валом;
- при различной радиальной нагрузке на вал;
- при фиксированной температуре $T = 400 \div 500^\circ\text{C}$;
- при фиксированных трех значениях содержания кислорода в ТЖМТ:
 - а) нормальном – термодинамическая активность кислорода $a = 10^{-2} \div 10^{-4}$;
 - б) аварийном избыточном – насыщение плюс твердая фаза оксидов теплоносителя;
 - в) при аварийном раскислении - термодинамическая активность кислорода $a = 10^{-5} \div 10^{-6}$.

Результаты проведенных испытаний позволят сделать вывод о положительных и отрицательных качествах предложенной конструкции гидростатического подшипника и возможности его применения на модель ГЦН РУ БРЕСТ-ОД-300.

УДК 006.32

РОГОВ С.А., ЗИМИНА Е.В.

ОСОБЕННОСТИ СТАНДАРТИЗАЦИИ В АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Согласно Федеральному закону от 29.06.2015 №162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации» система стандартизации направлена на: содействие социально-экономическому развитию Российской Федерации, интеграции и гармонизации российских и международных стандартов; улучшение качества жизни населения России; обеспечение безопасности и повышение качества производимой продукции, выполнения работ, оказания услуг [1].

Атомная промышленность России – одна из наиболее инновационных, и прогрессивных отраслей производства, обеспечивающих рынок высокотехнологичным, экологичным, безопасным и конкурентоспособным продуктом. Стандартизация является одним из важнейших факторов, влияющих на стабильное функционирование предприятий атомной отрасли. Целями стандартизации в области использования атомной энергии являются: повышение уровня безопасного использования объектов атомной энергии; обеспечение конкурентоспособности и качества продукции атомной отрасли; содействие соблюдению и обеспечению единства измерений, взаимозаменяемости технических средств и требований технических регламентов [2].

В результате анализа современной системы стандартизации в атомной промышленности выявлено, что система стандартизации в атомной промышленности России применяется на всех стадиях жизненного цикла изделия [3]. Причем, для соблюдения требований международных и национальных стандартов Госкорпорация «Росатом» разрабатывает и внедряет отраслевые нормативные документы. Например, Госкорпорацией «Росатом» создана «Производственная система «Росатом». С ее помощью выстраивается бюджетная и безопасная организация труда персонала на предприятиях атомной отрасли. Для контроля производственных и технологических процессов Госкорпорация «Росатом» учредила предприятие «Атомстандарт», которое осуществляет работы в области стандартизации, обеспечения единства измерений, оценки соответствия, аккредитации, закупки и взаимодействует по законодательной деятельности с Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт).

Атомная промышленность России занимает ведущее место на международном рынке, прочные позиции в сотрудничестве с Китаем, Индией, Финляндией и рядом других стран. Использование обязательных стандартов, гармонизация российских и зарубежных техниче-

ских требований, вовлечение отраслевых технических специалистов в деятельность по стандартизации способствуют оптимизации и росту производительности труда, обеспечивают безопасность объектов использования атомной энергии, повышают конкурентоспособность предприятий и организаций атомной отрасли.

Библиографический список

1. Федеральный закон от 29.06.2015 № 126-ФЗ (ред. От 03.07.2016) «О стандартизации в Российской Федерации».
2. Постановление Правительства РФ от 12 июля 2016 г. № 669 «Об утверждении Положения о стандартизации в отношении продукции (работ, услуг), для которой устанавливаются требования, связанные с обеспечением безопасности в области использования атомной энергии, а также процессов и иных объектов стандартизации, связанных с такой продукцией» // Справочно-правовая система «Консультант Плюс».
3. Распоряжение Правительства РФ от 24 сентября 2012 г. N 1762-р « О Концепции развития национальной системы стандартизации Российской Федерации на период до 2020 года» //Справочно-правовая система «Консультант Плюс».

УДК 006.32

РУСИНОВ Н.С., ВИЛЕНСКИЙ О.Ю., ЛАПШИН Д.А.

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКТИВНОГО ИСПОЛНЕНИЯ НАДРЕАКТОРНОГО ПЕРЕКРЫТИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЧИСЛЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

АО «ОКБМ Африкантов»

Оценка безопасности АС должна включать анализ реакций систем и сооружений АС на возможные исходные события. Одним из таких событий, нарушающим нормальную эксплуатацию, является падение тяжелых предметов на реактор.

Конструкция реакторной установки предусматривает наличие перекрытия надреакторного (ПН). Основное предназначение ПН – обеспечение защиты реакторного оборудования от возможного падения различного оборудования при перегрузке. Исходя из изложенного, проблема обеспечения прочности и целостности ПН является весьма актуальной.

В качестве исходного события нарушения нормальной эксплуатации рассмотрено падение на ПН макета трубы (как самого тяжелого предмета, перемещаемого над ПН) в случае обрыва крепежных или строповых элементов.

Общий вид одного из вариантов ПН представлен на рис. 1.

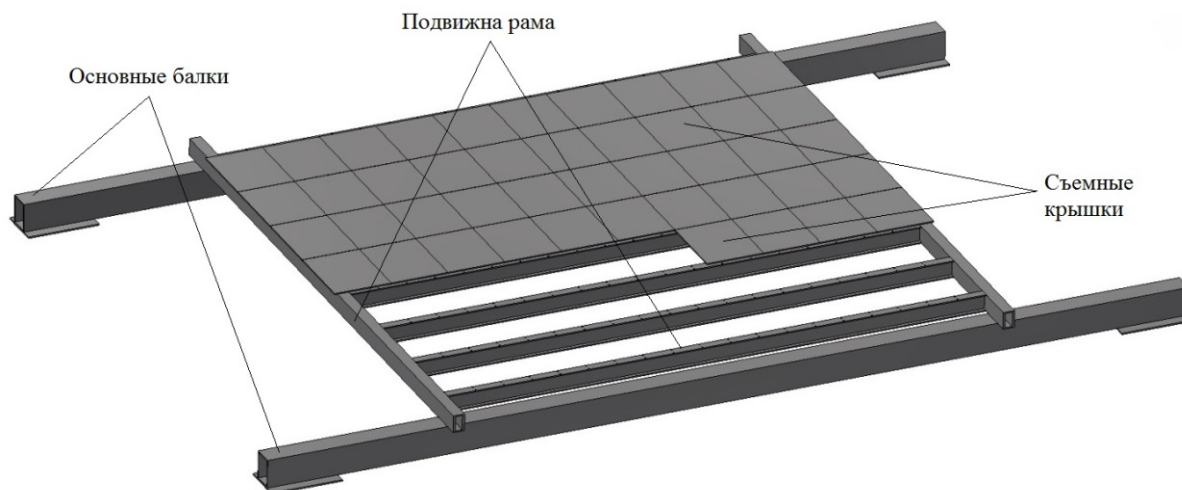


Рис. 1. Перекрытие надреакторное (без части съемных крышек)

Наиболее неблагоприятный сценарий падения макета трубы, с точки зрения нагружения исследуемой конструкции, – падение макета в вертикальном положении на перекрытие в зоне одной съемной крышки, либо стыка двух крышек.

Целью данной работы является создание конструкции с учетом требований ударостойкости для минимизации последствий нарушения нормальной эксплуатации при проведении транспортно-технологических операций с внедрением в расчетную практику результатов экспериментальных исследований конструкционных материалов при динамическом нагружении.

УДК 621.039

САТАЕВ А.А., ДУНЦЕВ А.В., АНДРЕЕВ В.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВНЕШНИХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИЛ НА ПРОЦЕССЫ СМЕШЕНИЯ НЕИЗОТЕРМИЧЕСКИХ ПОТОКОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

При разработке технических заданий предусматривается требование безотказной работы ЯЭУ при кратковременных периодических наклонах судна до 45° и длительных наклонах до 15° на любой борт. Особенно сильно влияние внешних динамических сил (качки) сказывается на сосудах со свободным уровнем жидкости.

Качка с большой амплитудой ограничивает применимость кипящих ядерных реакторов, так как она способна вызывать колебания мощности реакторов из-за возникновения изменений плотности в локальных областях АЗ. Так, в немецком атомном рудовозе «Отто Ган» при амплитуде качки всего лишь в 15° возникали периодические колебания мощности $\pm(3-5) \%$ [1].



Рис. 1. Стенд по изучению воздействия качки на смешение неизотермических потоков (фото)

Для моделирования воздействия внешних динамических сил на процессы смешения применительно к нашей модели был предложен модернизированный стенд смешения неизотермических потоков.

Качающаяся платформа имеет жесткое крепление с подвижной осью, которая закреплена на опорных подшипниках, крепящихся к раме. Сервопривод через переходную муфту

передает вращающее усилие на подвижную ось, которая в свою очередь приводит в движение исследуемую модель. С помощью задания определенного закона движения можно заставить модель совершать периодические колебания относительно вертикального положения. Преимуществом данной конструкции является возможность установки на качающуюся платформу любой другой исследуемой модели (ограничение лишь габаритные размеры).

Модель может осуществлять колебания в одной плоскости подобно математического маятнику.

В ходе получения первых экспериментальных данных и сравнения их с наработанной базой по стационарным условиям работы стенда можно заметить корреляцию между воздействием этих колебаний на процессы смещения. Однако поиск этой зависимости требует значительно большего числа экспериментов.

-
1. **Хлопкин, Н.С.** Морская атомная энергетика: учеб. пособие / Н.С. Хлопкин. – М.: МИФИ, 2007.

УДК 621.039

ТАТАРСКИЙ А.М., ВИЛЕНСКИЙ О.Ю., ЛАПШИН Д.А.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ ДЕМПФИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ОБОРУДОВАНИЯ ЯЭУ

АО «ОКБМ Африкантов»

Проблема обеспечения прочности и целостности оборудования ядерных энергетических установок при динамических воздействиях высокой интенсивности является весьма актуальной.

Примерами динамических воздействий высокой интенсивности механической природы являются:

- падение оборудования при выполнении транспортно-технологических операций;
- эксплуатационные режимы ряда конструкций (сброс рабочих органов воздействия на реактивность, соударение тарелки клапана с седлом в процессе аварийного закрытия, несрабатывание концевых выключателей в кинематических звеньях механизмов и т.п.).

Одним из путей снижения динамических нагрузок на оборудование является установка демпфирующих устройств.

Целью данной работы является обоснование использования демпфирующих устройств для оборудования ядерных энергетических установок.

Удар поршня по зубчатому демпферу, используемому в устройстве предохранительном DN150

Проведен сравнительный анализ результатов решения задачи с большими пластическими деформациями с результатами эксперимента.

Сравнительный анализ показал удовлетворительную сходимость результатов расчета с использованием ПК ANSYS/LS-DYNA с результатами эксперимента.

Снижение динамических нагрузок на элементы системы компенсации реактивности РУ с применением демпфера пружинного кольцевого

Задача демпфера – обеспечение упругой амортизации, поглощение энергии удара и минимизация высоты отскока рабочего органа после сброса.

В работе показано, что:

- конструкция работает в зоне упругих деформаций;
- максимальные напряжения в элементах кольцевой пружины не превышают допустимой величины;
- максимальная высота отскока рабочего органа системы компенсации реактивности не превышает предельно допустимую величину.

Демпфирование элементов системы внутриреакторной транспортировки тепловыделяющей сборки (ТВС)

Рассмотрено соударение каретки элеватора с жестким основанием при аварийном случае во время внутриреакторной транспортировки ТВС. Каретка элеватора имеет сминаемый демпфер удара.

Целью отработки конструкции являлось снижение ударного воздействия путем оптимизации конструкции демпфера.

Показано, что размер зон и величины пластических деформаций в элементах элеватора значительно снижаются при использовании демпфирующего элемента.

На основании результатов, представленных в данной работе, можно сделать вывод об эффективности демпфирующих устройств для снижения динамических нагрузок на оборудование ядерных энергетических установок.

УДК 621.039.55

ХУДЯКОВ И.С., ЛЕВАНОВ С.Л., КУВШИНОВА А.А.

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ И РАСЧЕТ АКТИВАЦИИ НЕЙТРОННОГО КОНВЕРТЕРА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В рамках развития НГТУ им. Р.Е. Алексеева на кафедре «ЯРиЭУ» Института Ядерной Энергетики и Технической Физики создан лабораторный комплекс «Нейтронный конвертер». На начальном этапе проектирования необходимо выполнить физический расчет данной установки. Одними из основных разделов данного расчета являются анализ конструкции и материалов установки, а так же расчет активации конвертера под воздействием излучения. Основными исходными данными для проведения расчета являются мощность и спектр плутоний-бериллиевого источника, использованного в конвертере, геометрия установки, ядерные концентрации материалов.

В качестве источников нейтронов предполагается использовать шесть источников типа ИБН-6, представляющих собой герметичные двойные ампулы из нержавеющей стали, заполненные интерметаллическим соединением плутония с бериллием. Мощность каждого нейтронного источника примерно $5 \cdot 10^5$ нейтр/с в 4π телесный угол. В качестве расчетного был принят спектр Pu-Be источника, приведенный в книге К. Бекурца и К. Виртца «Нейтронная физика» 1968 г. [1].

Биологическая защита тепловой колонны представляет собой стальные конструкции, заполненные первичным замедлителем (парафином) в месте расположения источников излучения и сплавом парафина с борной кислотой (31,3% $C_{30}H_{62}$ + 68,7% H_3BO_3) на периферии. В центре колонны в качестве основного замедлителя использован реакторный графит.

Центральный графитовый блок имеет цилиндрическую воздушную «рабочую» полость с линейными размерами, обеспечивающими размещение в ней исследуемых материалов для облучения. Также в конструкции колонны предусмотрен измерительный блок для помещения образцов на разной высоте.

Расчетно-теоретическое обоснование конструкции тепловой колонны подразумевает рассмотрение всего жизненного цикла установки, в связи с этим необходим расчет активности конструкционных материалов нейтронного конвертера, который был выполнен в программе DOTActiv с использованием модели в X-Y геометрии. Расчет можно считать консервативным, так как в нем присутствуют шесть источников бесконечной длины, которые обеспечивают большую плотность потока нейтронов, чем в реальной установке.

По модели был проведен расчет активации установки при времени эксплуатации 30 лет. Полученные результаты были представлены в виде удельных активностей, вычисленных с учетом массы конструкционных материалов в соответствующих зонах.

В работе рассмотрены удельные активности для радионуклидов период полураспада которых превышает 2 часа. Удельные активности были вычислены с учетом массы конструкционных материалов в соответствующих зонах.

Был проведен сравнительный анализ результатов расчета с ОСПОРБ-99/2010, из которого следует, что установка может быть утилизирована как бытовые отходы.

-
1. **Бекурц, К.** Нейтронная физика / К. Бекурц, К. Виртц. – М.: Атомиздат, 1968.

УДК 539.1

РЗАЕВ Ф.Ф., ЯШИНА А.Н., КОМОЛИН А.А.

ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ АЛЬФА-РАСПАДА РАДИОАКТИВНЫХ ЯДЕР

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева

Как известно, в начале XX века было обнаружено явление радиоактивности – свойство атомных ядер изменять свой состав путем испускания элементарных частиц или ядерных фрагментов (например, α – частиц). В частности, α – распад можно наблюдать на примере нескольких радиоактивных рядов, начинающихся радионуклидами (^{232}Th , ^{235}U , ^{238}U) и заканчивающихся стабильными изотопами Pb . Энергетическое условие возможности α – распада заключается в том, чтобы энергия связи α – частицы относительно материнского ядра была отрицательной. Это условие оказывается выполненным почти для всех ядер с массовым числом $A > 150$. Например, имеется группа α – активных ядер, у которых массовые числа лежат в интервале от 220 до 250. Расчет возможности α – распада достаточно сложная задача. Однако оценку такой вероятности можно получить, рассматривая квантовомеханический туннельный эффект. Такой подход и используется в данной работе.

Когда приходится иметь дело с туннельными переходами, прозрачность D очень сильно зависит от величин, входящих в показатель, а именно от разности $(U-E)$ и от ширины барьера d . Для того чтобы найти связь между вероятностью альфа распада и энергией альфа-частицы, будем рассуждать следующим образом. Представим себе, что частица движется между стенками барьера. При каждом «ударе» о стенку барьера она имеет определенную вероятность отразится и определенную вероятность пройти через барьер и выйти наружу: последняя вероятность равна D . Для расчета прозрачности D нужно воспользоваться выражением

$$D = C \exp\left(\frac{2}{\hbar} \int_{r_0}^r \sqrt{2m_\alpha(U-E)} \cdot dr\right).$$

Рассчитав коэффициент прозрачности барьера, найдем постоянную распада λ – вероятность распада ядра в единицу времени. Для этого коэффициент прозрачности нужно умножить на вероятность того, что α – частица окажется на границе ядра. Если α – частица движется в ядре со скоростью V , то в среднем она подходит к границе V/r_0 раз в секунду.

Скорость частицы можно оценить из соотношения неопределенностей $V \approx \hbar/m_\alpha r_0$. Тогда

$$\lambda = \frac{\hbar}{m_\alpha r_0^2} D, \quad T = \frac{0,693}{\lambda}$$

Наши оценки приводят к значению $\lambda = 4.678 \cdot 10^{-18} \text{ c}^{-1}$, $T = 4.698 \cdot 10^9$ лет, что примерно совпадает со справочными данными.

УДК 681.586.5; 681.518.3

БУКАШОВА Е.С., КАПУСТИН С.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО ДАТЧИКА ВИБРАЦИИ ОТРАЖАТЕЛЬНОГО ТИПА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Работа большинства датчиков вибрации основана на пьезоэлектрическом, индуктивном, емкостном и другие эффектах. Однако их применение ограничено допустимыми условиями эксплуатации. Поэтому на практике всё большее применение находят волоконно-оптические датчики (ВОД). Большинство ВОД с внешним первичным преобразователем строятся по схеме, когда измеряемая физическая величина (температура, давление, вибрация) вызывает механическое перемещение некоторого чувствительного элемента (мембраны, зеркала, инерционной массы), которое приводит к модуляции интенсивности света. Такие датчики имеют высокую чувствительность, достаточно простую техническую реализацию.

Для увеличения чувствительности схемы к перемещению отражательного элемента предложена схема с расположением оптических волокон под углом. Принцип действия волоконно-оптического датчика вибрации отражательного типа основан на модуляции амплитуды (мощности) отражённой световой волны. Передающее и приёмное волокна находятся под углом относительно друг друга.

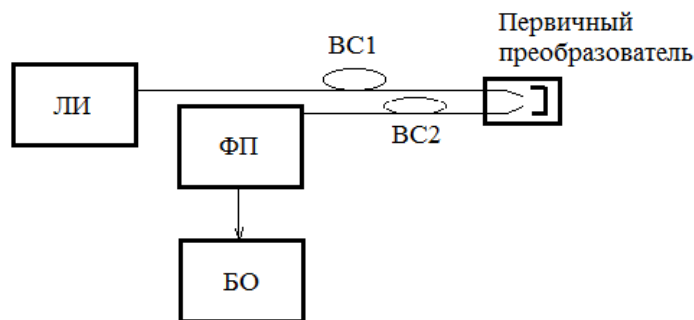


Рис. 1. Структурная схема волоконно-оптического датчика отражательного типа:

ЛИ – лазерный источник; ОВ₁, ОВ₂ – оптические волокна, БО – блок обработки;
ФП – фотоприёмник

Излучение с лазера поступает в передающее оптическое волокно. Через выходной торец волокна излучение подаётся на металлическую мембрану. Под действием вибрации мембрана смещается относительно своего начального положения. При этом происходит изменение мощности световой волны, регистрируемой фотоприёмником.

Для исследования характеристик ВОД вибрации отражательного типа была рассмотрена структура светового пучка, излучаемая торцом оптического волокна (ОВ). В результате множества отражений внутри ОВ происходит симметризация пучка лучей относительно оптической оси волокна и усреднение освещённости по его выходному торцу. Т.к. приёмное и передающее волокна находятся под углом к мембране, то на её поверхности образуется освещённая цилиндрическая зона, площадь которой будет изменяться в зависимости от перемещения чувстви-

ного элемента. На основании геометрической оптики были рассчитаны площадь освещённой зоны и коэффициент передачи, а также функция преобразования. Были получены зависимости энергетической освещённости от смещения светоотражающей мембраны и зависимость оптической мощности на выходе приёмного световода от угла между волокнами.

УДК 621

¹ВОРОБЬЕВ С.А., ²ПАНИН А.Н., ¹ЦЕРБАКОВ В.В.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК АНТЕННЫ КАССЕГРЕНА НА ЧАСТОТЕ 220 ГГЦ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева¹,
Институт физики микроструктур Российской академии наук²

Антенна Кассегрена находит широкое применение в системах беспроводной связи с высокой скоростью передачи информации в субтерагерцовом диапазоне частот. Она состоит из рупорного облучателя, вспомогательного зеркала - субрефлектора в виде гиперboloида вращения, и основного зеркала в виде параболоида вращения. Облучатель размещен у вершины основного зеркала. Это укорачивает длину питающего фидера, что приводит к уменьшению потерь в фидере. Преимуществом антенны является небольшой продольный размер, технология изготовления антенны хорошо отработана [1, 2]. Антенна Кассегрена позволяет реализовать электрические параметры необходимые для работы беспроводной системы связи - высокий коэффициента усиления (более 40 дБи) и узкую ширину главного лепестка (менее 1°).

В статье представлены результаты измерения параметров антенны Кассегрена (диаграммы направленности (ДН) и коэффициента усиления (КУ)) на частоте 220 ГГц.

Экспериментальное исследование ДН антенны проводилось по стандартизированной методике измерения в дальней зоне. На рис. 1 представлена простейшая структурная схема данной методики [3]. Исследуемая антенна 3 расположена на опорно-поворотном устройстве 4. На некотором расстоянии r в дальней зоне этой антенны расположена передающая рупорно-линзовая антенна 2, с КУ равном 26 дБи, возбуждаемая генератором 1. Приемное устройство 5 имеет цифровой регистратор мощности 6, поступающей на вход приемного устройства. Зависимость показаний этого индикатора p от угла поворота θ антенны 4 при некотором фиксированном угле поворота φ_1 является сечением диаграммы направленности антенны по мощности $p(\theta, \varphi)$ в плоскости $\varphi = \varphi_1$. Выбирая различные значения угла φ_j , можно измерить ДН в различных сечениях.

Используя результаты измерений мощности, КУ антенны определяется с использованием формулы Фрииса [3].

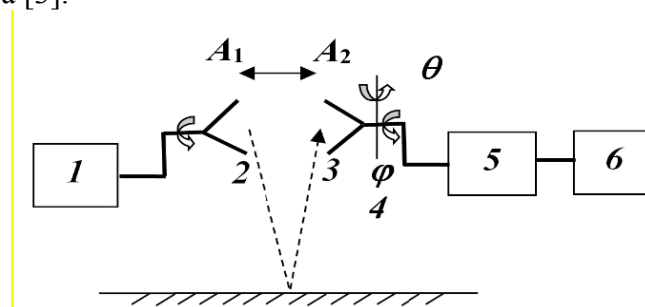


Рис. 1. Схема метода полигонных измерений

Библиографический список

- 1 **Ху, Х.** Terahertz Cassegrain Reflector Antenna / X. Xu, X. Zhang, Z. Zhou // Antennas & Propagation (ISAP), 2013 Proceedings of the International Symp. P. 969–971, 2013.

- 2 **Кисиленко, К.И.** Моделирование и расчет антенны Кассегрена на 290 ГГц / К.И. Кисиленко, В.А. Малахов, В.А. Узлов, В.В. Щербаков // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2016. – №4. – С. 46–52.
- 3 **Воскресенский, Д.И.** Устройства СВЧ и антенны / Д.И. Воскресенский, В.Л. Гостюхин, В.М. Максимов, Л.И. Пономарев. – М.: Радиотехника, 2006. – 376 с.

УДК 621.396

КАПУСТИН С.А., КИСИЛЕНКО К.И.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ И ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ РАДИОФОТОНИКИ ПРИ СОЗДАНИИ АНТЕННЫХ СИСТЕМ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Создание интеллектуальных транспортных и транспортно-логистических систем подразумевает постоянный мониторинг окружающей обстановки, невозможный без использования систем автоматического управления, в работе которых используются антенные системы различного класса и назначения. Мировые тенденции диктуют постоянное совершенствование тактико-технических и массогабаритных параметров антенных систем, что неосуществимо без использования инновационных решений. Одним из таких решений является применение элементной базы радиофотоники для усовершенствования систем на базе активных фазированных антенных решеток (АФАР). Такие антенны будут обладать низкими потерями в линиях передачи сигналов, увеличенной пропускной способностью цифровых каналов передачи информации, что позволит конкурировать с международными разработками и занять лидирующую позицию в данной области за счет использования интегральных компонентов фотоники.

Наиболее перспективной концепцией построения АФАР является блочно-модульная конструкция, которая дает широкие возможности по управлению формой диаграммы направленности (ДН), созданию многолучевых ДН, обеспечивает гибкость в управлении АФАР на передачу и приём во всех режимах работы и позволяет унифицировать базовые сменные блоки и модули по функциональным узлам и используемой элементной базе. Одним из таких блоков можно считать тракт передачи сигналов вместе с устройством генерации и излучающей антенной.

Оценка влияния элементной базы радиофотоники на излучающие характеристики АФАР является важной задачей при разработке антенных систем. Поскольку технологии радиофотоники можно вводить поэтапно – на уровне подрешеток, каналов связи и приемопередающих модулей, необходимо исследовать упрощенную антенную систему, представляющую из себя одиночный излучатель с трактом питания. Такая система может рассматриваться как самостоятельно, так и как часть АФАР. Для этих целей была рассчитана и создана патч-антенна на 2,5 ГГц. В ходе экспериментов был также создан приемопередающий модуль, включающий в себя эту антенну. СВЧ-сигнал подавался на излучатель традиционным способом – через коаксиальный кабель и с помощью элементной базы радиофотоники. Исследованы характеристики системы при обоих способах подачи сигнала.

УДК 621.396

КИСИЛЕНКО К.И., МАЛЫШЕВ Г.С.

ФОРМУЛИРОВКА САМОСОГЛАСОВАННЫХ ЗАДАЧ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Понятие «самосогласованная краевая задача» идет из физики твердого тела [1]. Оно следует из описания электрона в ионном непроводящем кристалле. Электрон своим полем поляризует окружающую среду; при этом поляризация, связанная со смещением поля, создает потенциальную яму, в которую попадает сам электрон. Такое «самосогласованное» состояние электрона и диэлектрической среды называется поляроном. Полярон может переме-

щаться по кристаллу и является носителем тока в ионных кристаллах. Таким образом, электрон, поляризуя окружающую среду, получает с ее стороны обратное воздействие. В стационарном состоянии прямое и обратное воздействия уравниваются. Образуется самосогласованная система, которая описывается самосогласованной краевой задачей Коши.

В результате самосогласованную систему можно определить, как замкнутую систему, в которой первичные источники корректируются обратным воздействием на них вторичных источников. В стационарном состоянии такая система описывается однородной краевой задачей либо на дифференциальном, либо на интегральном уравнении, то есть задачей на собственные функции и собственные значения.

В работе сформулированы такие задачи для различных электромагнитных явлений, так или иначе связанных с диапазоном СВЧ, со строгой постановкой задач генерации и излучения. Из общего перечня самосогласованных задач можно выделить четыре наиболее распространенных.

1. Основанную на формуле Грина, приводящую к однородным интегральным уравнениям относительно функции поля на поверхности (внутренней или внешней), ограничивающей рассматриваемый объем. При этом используется принцип Гюйгенса-Френеля-Кирхгофа, применяемый во внешних задачах об излучении.

2. Приводящая к замкнутому циклу, состоящему [2, 3] из задания функционального представления (неизвестного) первичного источника, по которому находится поле излучения, с последующей подстановкой этого поля в граничные условия, в которые входит неизвестная функция распределения первичного источника. В результате получается интегральное уравнение (система интегральных уравнений) относительно функций, представляющих первичный источник.

3. Представляющая электромагнитный процесс эквивалентной схемой, содержащей отрицательные сопротивления, имитирующие обратное воздействие электромагнитного процесса на первичный источник. На этом базируется теория автогенераторов.

4. Присоединенные краевые задачи на уравнении Гельмгольца, являющиеся самосогласованными по своей постановке.

С использованием перечисленных вариантов в работе формулируются самосогласованные краевые задачи, описывающие электромагнитные процессы в СВЧ структурах.

Библиографический список

1. **Матвеев, А.Н.** Атомная физика / А.Н. Матвеев. – М.: Высшая школа, 1989. – 439 с.
2. **Малахов, В.А.** Присоединенные волны в круглом двухслойном экранированном волноводе / В.А. Малахов, А.С. Раевский, С.Б. Раевский // Письма в журнал технической физики. – 2011. – Т. 37. – Вып. 2. – С. 71–79.
3. **Раевский, А.С.** Присоединенные волны как волны, создаваемые источником типа антенны бегущей волны / А.С. Раевский, С.Б. Раевский // Письма в журнал технической физики. – 2013. – Т. 39. – Вып. 23. – С. 13–17.

УДК 621.372.81

ЛОБИН С.Г.

ПАРЦИАЛЬНЫЕ ВОЛНЫ ПРЯМОУГОЛЬНОГО ВОЛНОВОДА С НЕИДЕАЛЬНО ПРОВОДЯЩИМИ СТЕНКАМИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Интенсивное освоение различными отраслями современной техники всё более высокочастотных диапазонов предъявляет повышенные требования к направляющим электродинамическим структурам. Малые поперечные размеры волноводов КВЧ диапазона приводят к серьёзным технологическим проблемам при их изготовлении. Это связано с тем, что на высоких частотах определяющим фактором, влияющим на характеристики волновода, становится качество обработки экранирующих поверхностей.

Один из методов учёта шероховатости экранирующей поверхности основан на концепции парциальных волн Бриллюэна и позволяет, в принципе, учесть случайную шероховатость поверхности произвольной формы. Поскольку поле любой волны в волноводе представляет собой результат суперпозиции многократно отразившихся от экранирующей поверхности плоских волн, его затухание определяется величиной коэффициента отражения и количеством отражений. В случае гладкой идеально проводящей поверхности модуль коэффициента отражения равен единице, а сложение парциальных волн происходит в фазе. Образующаяся в результате собственная волна распространяется в волноводе без затухания.

Затухание волны появляется либо при уменьшении модуля коэффициента отражения, либо при нарушении фазовых соотношений при сложении парциальных волн, либо при наличии обоих этих факторов. Первый случай соответствует неидеально проводящей экранирующей поверхности и достаточно полно изучен. Второй случай в волноводе с гладкими стенками соответствует реактивно затухающим волнам.

В волноводе с шероховатыми стенками при отражении парциальных волн происходит их частичное рассеяние, в результате которого нарушаются фазовые соотношения при сложении вторичных волн, образующих отражённую волну. Часть вторичных волн перестаёт участвовать в образовании собственной волны волновода, тем самым отбирая у неё часть энергии. В результате этого распространяющиеся собственные волны становятся затухающими даже в случае идеально проводящих экранирующих поверхностей.

Определив модуль коэффициента отражения парциальной волны от стенки волновода и найдя число отражений на единицу длины волновода, можно получить выражение для потерь на единицу длины волновода.

В случае конечной проводимости стенок все собственные волны прямоугольного волновода являются гибридными, что усложняет выражения для парциальных волн и несколько меняет направления их распространения. В качестве иллюстрации показаны наборы парциальных волн для различных собственных волн прямоугольного волновода при различных удельных проводимостях материала экранирующих поверхностей.

УДК 621.396

МАЛАХОВА И.В., КОЖИН Д.Н., ЧУВАТКИНА Е.А.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ СПЕКТРА ИНФОРМАЦИОННОГО СИГНАЛА С ОПТИЧЕСКОГО ДАТЧИКА ВИБРАЦИЙ В ЗАДАННОМ ЧАСТОТНОМ ДИАПАЗОНЕ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время в контрольно-измерительных системах широкое распространения получают оптические датчики внешних воздействий. Одним из таких воздействий является вибрация. Вибрация - это малые механические колебания, возникающие в упругих телах под воздействием переменных сил. Технология мониторинга вибрации и анализа имеет большое значение для научных измерений и инженерных приложений.

В большинстве случаев вибрация представляет собой сложный случайный процесс, поэтому сложно определить характеризующие ее параметры с достаточной точностью. Возможно определить только интегральные (усреднённые или накопленные за большой промежуток времени) значения параметров. Для анализа сигнала вибрации предлагается определять спектр информационного сигнала и энергию спектра в заданном частотном диапазоне.

В докладе рассматривается методика определения спектра информационного сигнала с датчика вибрации с использованием прямого преобразования Фурье:

$$F(j\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t)e^{-j\omega t} dt .$$

Расчет спектра осуществляется путем численного интегрирования оцифрованного сигнала, поступающего на персональный компьютер через линейный вход звуковой карты.

Используя полученную спектральную функцию $F(j\omega)$, находим в заданном частотном диапазоне энергию спектра сигнала по формуле:

$$W = \frac{1}{\pi} \int_{\omega_1}^{\omega_2} |F(j\omega)|^2 d\omega .$$

Таким образом, зная спектр информационного сигнала, можно определить спектральные составляющие, на которые приходится максимумы колебаний и энергию сигнала в заданном диапазоне, по которой можно судить об интенсивности вибрации. Для реализации данного алгоритма была написана программа обработки сигнала, поступающего на звуковую карту с оптического датчика вибрации, на языке программирования C# в интегральной среде разработки MS Visual Studio.

УДК 621.3.091.22

МЫРОВА Ю.А., КИСИЛЕНКО К.И.

РАСЧЕТ ЗЕРКАЛЬНЫХ АНТЕНН В ПРИБЛИЖЕНИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИКИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Активное развитие систем беспроводной связи требует постоянного увеличения скорости передачи данных. Этого можно достигнуть путем расширения частотного диапазона работы системы. Наиболее распространенным способом является использование данных систем в терагерцовом диапазоне частот, где при работе даже узкополосных систем возможно получить полосу частот в десятки гигагерц. Дальность связи в терагерцовом диапазоне частот ограничена и составляет порядка нескольких километров. Это связано с существенным поглощением терагерцового излучения в атмосфере. Как показывают исследования, для таких систем связи требуются антенны с узкой диаграммой направленности (ДН) и коэффициентом усиления (КУ) не менее 40 дБ. Такие характеристики могут быть получены при использовании антенны Кассегрена, состоящей из рупорного облучателя, вспомогательного зеркала - субрефлектора в виде гиперboloида вращения, и основного зеркала в виде параболоида вращения. Преимуществом данной антенны является небольшой ее размер, простота в изготовлении, высокие значения коэффициента усиления и малые уровни боковых лепестков.

Расчет характеристик антенны Кассегрена в программе электромагнитного моделирования является ресурсоемкой задачей. Поэтому при контролируемой точности и достоверности расчетов с целью экономии вычислительных ресурсов и времени счета используют методы геометрической и физической оптики [1]. Следует отметить, что использование быстродействующих алгоритмов и математических моделей в САПР антенной техники значительно повышает эффективность проектирования. В частности, при решении задач оптимизации конструкции антенн значительно сокращаются сроки проектирования.

Кроме расчета основных размеров конструкции, используя данный метод можно определить пределы, в которых находятся оптимальные размеры элементов в зависимости от варьируемых параметров. В частности, изменение коэффициента использования поверхности (КИП) в пределах 0,5..0,7 приводит к изменению размеров основного и вспомогательных зеркал на 15%. Аналогичным образом производится анализ изменения размеров малого зеркала в зависимости от амплитудного распределения поля в раскрыве облучателя.

В данной работе рассчитаны основные параметры антенны Кассегрена методом геометрической оптики, в зависимости от изменения параметров КИП и амплитудного распределения поля в раскрыве облучателя. Отмечено, что данный метод рассматривается как первое приближение при выборе, расчете и оптимизации подобного рода структур, поскольку

данное приближение не позволяет оценить влияние конструктивных особенностей всей конструкции в целом (крепёж зеркал, механизмы регулировки и настройки). Полученные результаты в дальнейшем эффективно используются при расчете и анализе характеристик зеркальных антенн уже на электродинамическом уровне [2].

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 17-19-01628).

Библиографический список

1. **Заикин, И.П.** Проектирование антенных устройств радиорелейных линий связи / А.В. Тоцкий, С.К. Абрамов // Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2006. – 90 с.
2. **Кисиленко, К.И.** Расчет и измерение параметров антенны Кассегрена / К.И. Кисиленко, В.А. Малахов, А.С. Раевский, В.В. Щербаков // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2017. – №3. – С. 81-87.

УДК 621.3.091.22

МЯКИШЕВА М.С., КИСИЛЕНКО К.И.

ВОЛНОВОДНО-ЩЕЛЕВАЯ АНТЕННАЯ РЕШЕТКА МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В последние десятилетия активно происходит внедрение приборов и устройств, работающих в терагерцовом диапазоне частот. Большая несущая частота находит применение в радиолокации и телекоммуникации, кроме этого разрабатываются высокоскоростные терагерцовые системы связи для больших высот и космоса. С недавнего времени часть развивающихся стран выделила терагерцовый диапазон для 120-ГГц беспроводной связи для эфирного вещания, что дало мощный импульс разработке и внедрению приборов в терагерцовом диапазоне частот [1].

Для обеспечения высокоскоростных систем связи требуются приемные антенны, обладающие высокими направленными свойствами. Достижение требуемых характеристик возможно при схемотехнической реализации устройства в виде волноводно-щелевой антенной решетки, выполненной в многослойном исполнении. В данной работе моделирование, расчет основных характеристик на частотах 105-115 ГГц и оптимизация устройства произведены в программном пакете CST Microwave Studio. Рассчитаны основные характеристики моделей щелевых антенных решеток размерностями 8x8, 16x16 и 32x32. Полученные результаты расчета для трех моделей, говорят о том, что при увеличении количества ячеек в щелевой антенной решетке, наблюдается уменьшение ширины диаграммы направленности главного лепестка и увеличение величины коэффициента усиления. Но при увеличении направленности антенны сужается рабочий диапазон устройства. В зависимости от того, какие характеристики являются приоритетными для конкретного случая применения, можно подобрать предпочтительную размерность щелевой антенной решетки.

С целью улучшения характеристик согласования и расширения частотного диапазона был произведен анализ работы [2], в которой представлена структура волноводно-щелевой антенной решетки для частоты 60 ГГц. Расчет устройства в терагерцовом диапазоне частот показал, что сужение волновода в питающем слое на расстоянии четверти длины волны от места деления мощности не улучшает характеристики согласования. Результаты, полученные на меньших частотах, невозможно переносить на большие частоты без проведения проверочного анализа. В терагерцовом диапазоне для антенной решетки важным является упрочнение слоев в связи с малыми размерами устройства и, как следствие, трудностью производства. Поэтому дополнительное усложнение топологии нежелательно. Коэффициент усиления, ширина диаграммы направленности главного лепестка и уровень боковых лепестков

изменяются при отказе от согласующих выступов незначительно, что говорит о нецелесообразности усложнения конструкции подобным образом.

Библиографический список

1. **Hirata, A.** Ultrafast terahertz wireless communications technologies // IEEE Transactions on Terahertz Science and Technology. – 2015. – Т. 5. – №. 6. – С. 1128-1132.
2. **Miura, Y.** Double-layer full-corporate-feed hollow-waveguide slot array antenna in the 60-GHz band //IEEE Transactions on Antennas and Propagation. – 2011. – Т. 59. – №. 8. – С. 2844–2851.

УДК 621.372

НЕЧАЕВ А.С.², МАЛАХОВ В.А.¹

ОСОБЕННОСТИ ПОСТАНОВКИ ПРИСОЕДИНЁННОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ В КРУГЛОМ ОТКРЫТОМ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ВОЛНОВОДЕ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева¹,
Филиал ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» «НИИИС им. Ю.Е. Седякина»²

Для краевых задач могут быть сформулированы присоединенные краевые задачи, состоящие из дифференциальных уравнений и систем граничных условий, которые образуются [1] дифференцированием по собственному значению исходного дифференциального уравнения и системы граничных условий соответственно. Решения присоединенных краевых задач описывают так называемые присоединенные волны [2], характерной особенностью которых является наличие степенной зависимости их амплитуд от продольной координаты.

Поля волн круглого открытого диэлектрического волновода описываются продольными компонентами электрического и магнитного векторов Герца, которые удовлетворяют однородному уравнению Гельмгольца:

$$\frac{\partial^2 \Pi_z^{e,m}}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial \Pi_z^{e,m}}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial^2 \Pi_z^{e,m}}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2 \Pi_z^{e,m}}{\partial z^2} + \varepsilon \mu \omega^2 \Pi_z^{e,m} = 0. \quad (1)$$

Решение уравнения (1), описывающее присоединенные волны, ищется в виде:

$$\Pi_z^{e,m} = [R(r)f(z) + \bar{R}(r)\bar{f}(z)] \begin{cases} \cos n\varphi \\ \sin n\varphi \end{cases}. \quad (2)$$

После нахождения функций, входящих в (2), по методике, описанной в [3], векторы Герца записываются в виде:

$$\Pi_{zq}^{e,m} = \left[C_{nq}^{e,m} R_{nq}^{e,m}(\alpha_q r) + D_{nq}^{e,m} \left(-\frac{iz}{2\beta} \right) R_{nq}^{e,m}(\alpha_q r) + D_{nq}^{e,m} \rho_{nq}(\alpha_q r) \right] \begin{cases} \cos n\varphi \\ \sin n\varphi \end{cases} e^{-i\beta z}, \quad (3)$$

где q – номер слоя; $R_{nq}^{e,m}(\alpha_q r)$ – функция Бесселя (во внутренней области направляющей структуры) или функция Ханкеля 2-го рода (во внешней области); $\rho_{nq}(\alpha_q r)$ – решение присоединенного уравнения Бесселя.

Компоненты полей, выраженные через электрический и магнитный векторы Герца, подставляются в граничные условия. После, приравнивая в полученных уравнениях члены, зависящие и не зависящие от z , получаем в первом случае систему четырех линейных однородных алгебраических уравнений, во втором – систему четырех линейных неоднородных алгебраических уравнений. Главные определители указанных систем совпадают. Система линейных однородных алгебраических уравнений имеет нетривиальные решения только при условии равенства нулю её главного определителя. Система линейных неоднородных алгебраических уравнений будет иметь совместные с ней решения только при равенстве нулю её

дополнительных определителей. Из данных условий следуют три уравнения, при совместном решении которых находятся решения дисперсионной задачи, соответствующие присоединенным волнам.

Библиографический список

1. **Наймарк, М.А.** Линейные дифференциальные операторы / М.А. Наймарк. – М.: Наука, 1969.
2. **Ильинский, А.С.** Колебания и волны в электродинамических системах с потерями / А.С. Ильинский, Г.Я. Слепян. – М.: Изд-во МГУ, 1983.
3. **Малахов, В.А.** Присоединенные волны в круглом двухслойном экранированном волноводе / В.А. Малахов, А.С. Раевский, С.Б. Раевский // Письма в журнал технической физики. – 2011. – Т.37. – №2. – С. 71-79.

УДК 537.872.2

НИКИТИН А.А., МАЛАХОВ В.А.

РАЗРАБОТКА ДАТЧИКА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕЩЕСТВА НА ЧЕТЫРЕХСЛОЙНОМ КРУГЛОМ ОТКРЫТОМ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ВОЛНОВОДЕ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,
Филиал ФГУП РФЯЦ ВНИИЭФ "НИИИС им. Ю.Е. Седакова"

Широкое распространение в технике получили различные датчики. Датчики используются во многих отраслях – добыче и переработке полезных ископаемых, промышленном производстве, транспорте, коммуникациях, логистике, строительстве, сельском хозяйстве, здравоохранении, науке и других отраслях – являясь в настоящее время неотъемлемой частью технических устройств. Датчики являются элементом технических систем, предназначенных для измерения, сигнализации, регулирования, управления устройствами или процессами. Датчики преобразуют контролируемую величину в сигнал, удобный для измерения, передачи, преобразования, хранения и регистрации информации о состоянии объекта измерений.

Одним из типов датчика является волоконно-оптический датчик. Волоконно-оптический датчик – небольшое по размерам устройство, в котором оптическое волокно используется как в качестве линии передачи данных, так и в качестве чувствительного элемента, способного детектировать изменения различных величин. Элементы, используемые в волоконно-оптических датчиках, являются абсолютно пассивными по отношению к электричеству, что позволяет применять их в различных отраслях. Датчики на оптическом волокне, обладают целым рядом преимуществ: возможность мультиплексирования, дистанционные измерения, устойчивость к электромагнитным помехам, отсутствие электричества в точке измерения, долговременная стабильность.

В данном докладе была исследована возможность создания датчика для определения вещества. Модель основана на применении четырехслойного круглого открытого волновода, в котором параметры трех диэлектрических слоев будут известны, а четвертый слой будет представлять неизвестное вещество, которое нужно определить. Предполагается использовать для чувствительного элемента несобственные волны круглого открытого волновода. В данном датчике может использоваться разное распределение плотности потока мощности излучения по радиальной координате для разных показателей преломления неизвестного вещества.

Были получены дисперсионные характеристики для четырехслойного круглого открытого волновода для различных показателей преломления четвертого слоя и распределения плотности потока мощности излучения по радиальной координате для различных показателей преломления четвертого слоя в различных точках нормированной частоты.

**РАСЧЕТ ПОТЕРЬ В КРУГЛОМ ЭКРАНИРОВАННОМ ВОЛНОВОДЕ
РЕЛЯТИВИСТСКИМ МЕТОДОМ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

В настоящее время для телекоммуникаций и радиолокации освоен диапазон частот до 60 ГГц. Однако потребности этих и других областей знаний, таких как медицина, радиосвязь, радиолокация и т.д. ставят задачи интенсивного освоения коротковолновой части миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов длин волн.

Базовыми узлами любой сверхвысокочастотной системы являются пассивные направляющие структуры, которые представляют собой, в самом простейшем случае, экранированные волноводы с каноническими формами поперечных сечений (прямоугольные, круглые, эллиптические). Данные структуры в указанных диапазонах имеют существенные потери, связанные с конечной проводимостью материала стенок и не идеальностью их механической обработки. Однако, существующие на сегодняшний день методы расчета направляющих структур, либо учитывают конечную проводимость стенок в некотором приближении, либо достаточно сложны и применимы лишь к узкому классу структур. В связи с погрешностями расчётов, вызванными использованием приближений, реальные потери в направляющих структурах миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов могут быть существенно выше расчетных. Поэтому снижение погрешностей при расчетах для широкого класса волноводящих структур с конечной проводимостью материала стенок является актуальной задачей.

В большинстве случаев, решение обозначенной задачи ведется с помощью метода, основанного на решении краевой задачи с импедансными граничными условиями. Недостатком данного метода является то, что сами граничные условия выполняются строго только при нормальном падении электромагнитной волны на стенку волноводящей структуры, то есть на одной частоте, которая является критической для рассматриваемого типа волны при заданных параметрах поперечного сечения волновода.

Целью данного доклада является рассмотрение и ознакомление строгого метода расчета направляющих структур с неидеально проводящими стенками, определение границ его применимости, сравнение с существующими методами.

В ходе доклада проведен расчёт круглого экранированного волновода с неидеально проводящими стенками с помощью релятивистского метода. Представлены зависимости коэффициентов затухания и поверхностного импеданса материала стенки от частоты, поляризации электромагнитных волн и проводимости материала стенки. Даны границы применимости разработанного метода. Проведено сравнение результатов расчета потерь в круглом экранированном волноводе миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов длин волн рассматриваемым методом с результатами расчета классическими методами.

ФОРМИРОВАТЕЛЬ СИГНАЛОВ ДЛЯ ФАЗИРОВАННОЙ АНТЕННОЙ РЕШЁТКИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время фазированные антенные решетки (ФАР) используются во множестве различных устройств СВЧ диапазона от радиотелескопов до бортовых радаров на самолётах, кораблях и автомобилях [1]. В связи с этим разработка новых типов ФАР и устройств, входящих в их состав, является актуальной задачей.

В представленной работе рассматривается устройство, формирующее сигналы для от-

дельных элементов ФАР. Данное устройство реализовано в микрополосковом исполнении, что обусловлено достаточно малыми потерями, небольшими габаритами и технологичностью. Оно предназначено для формирования сигналов фазированной антенной решетки посредством разделения первоначального сигнала на 4 сигнала с заданными фазами.

К данному формирователю сигналов предъявляются следующие требования:

- диапазон рабочих частот от 5 до 5,5 ГГц;
- КСВН входа и выходов не более 1,5;
- потери мощности не более 0,2 дБ на канал;
- число выходных каналов 4;
- погрешность установки фазы сигнала в выходном канале $\pm 5^\circ$.

В докладе приводится расчёт кольцевого делителя мощности в идеальном случае (без учёта потерь) в приближении теории длинных линий [2]. Полученная в результате топология служит основой для дальнейшего моделирования в САПР Ansys HFSS. Полученные характеристики сравниваются с заданными значениями и проводится параметрическая оптимизация устройства. Для проверки полученных результатов изготовлен макет на фольгированном листовом материале ФЛАН-5. Проведены измерения его характеристик, показывающие работоспособность данного устройства и достаточно хорошее совпадение результатов эксперимента и расчётов.

На базе микрополосковых кольцевых делителей мощности разработан формирователь сигналов для четырёхэлементной фазированной антенной решётки. Проведено моделирование устройства в-целом. Характеристики, полученные в результате компьютерного моделирования, удовлетворяют предъявляемым требованиям.

Библиографический список

1. **Вендик, О.Г.** Антенны с немеханическим движением луча / О.Г. Вендик. – М.: Советское радио, 1965.
2. **Малорацкий, Л.Г.** Проектирование и расчёт СВЧ элементов на полосковых линиях / Л.Г. Малорацкий, Л.Р. Явич. – М.: Советское радио, 1972. – 232 с.

УДК 621.371.33

ШУЛАЕВ С.Э.

ИЗЛУЧЕНИЕ ПЛОСКОГО СЛОЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДИПОЛЕЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Как известно, всякую среду можно рассматривать как вакуум с вкраплениями атомов или молекул вещества. Под действием падающей электромагнитной волны и излучений соседних атомов внутри каждого атома возбуждаются колебания электронов и атомных ядер. Благодаря этому атомы становятся источниками вторичных сферических волн, распространяющихся со скоростью света между частицами среды. Эти волны возбуждаются одной и той же падающей волной и являются когерентными. Интерференция вторичных волн с падающей волной определяет электромагнитное поле во всём пространстве. В частности, отражённая волна – это результат интерференции вторичных волн, вышедших из среды в вакуум, с которым она граничит.

Таким образом, в поле электромагнитной волны атомы приобретают меняющиеся во времени дипольные моменты и излучают как точечные диполи Герца. Излучение в волновой зоне определяется только составляющими дипольного момента, перпендикулярными к направлению излучения.

В докладе представлен результат расчёта излучения бесконечно тонкого плоского слоя электрических диполей. Рассмотрены случаи как равномерного распределения диполей (тестовая задача), так и неравномерного. Совокупность слоёв с неравномерным (в том числе – случайным) распределением диполей позволит решить задачу об отражении электромагнитной волны от шероховатой поверхности.

Подсекция 8.1

Медицинская инженерия

УДК 616.31

КОЛЬЧУГИН А.С., ГОРШЕНЕВА Т.А., КОСЫРЕВА Т.М.

РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ЭТИОПАТОГЕНЕТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ И РЕЗУЛЬТАТОВ СЕЛЕКТИВНОГО ФОТОТЕРМОЛИЗА ГЕМАНГИОМ

ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава России

Инфантильные гемангиомы кожи являются наиболее распространенным видом врожденной сосудистой патологии кожи. Нами установлено увеличение популяционной частоты гемангиом в Самарском регионе с 1:724 в 2005 году, до 1:318 в 2017 году.

Существует множество теорий возникновения этой патологии. Большое значение придается возрасту родителей, гипоксии плода и вредным факторам окружающей среды [1].

Цель исследования – выявление дополнительных этиологических факторов возникновения сосудистых образований, связи роста популяционной частоты гемангиом с техногенной обстановкой и оценка отдаленных результатов лечения гемангиом лазером.

Материалы и методы. Проведен анализ распространенности гемангиом, состояния окружающей среды в городах Самарской области и частоты рождения детей с младенческими гемангиомами в различные времена года. Прослежены отдаленные результаты лечения больных с применением лазера «Яхрома-Мед» в период до 10 лет.

Результаты и их обсуждение. Сопоставив статистические данные о рождаемости детей с сосудистыми новообразованиями и демографические показатели Самарской области, мы установили преобладание как абсолютного, так и процентного соотношения новорожденных с гемангиомами в весенние месяцы (35,6 %). Это может объясняться ослаблением иммунного статуса и снижением концентрации кислорода в атмосфере в весенний период времени [2].

При анализе экологической ситуации в городах Самарской области выявлено значительное загрязнение воздуха такими веществами, как диоксид и оксид азота, монооксид углерода, бензапирен, формальдегид, углеводороды, фенол, аммиак. Эти вещества обладают тератогенным и эмбриотоксическим эффектом, а монооксид углерода, оксид азота и сероводород также стимулируют ангиогенез, что в комплексе с другими факторами может приводить к патологической гиперплазии сосудистой ткани. При сопоставлении данных ПДК загрязняющих веществ выявлена корреляция их с популяционной частотой младенческих гемангиом. Коэффициент корреляции составил 0,87.

В основе лечения сосудистых патологий кожи лазером лежит селективный фототермолиз. Наиболее эффективными считаются импульсные лазеры желтого света и лазеры на

парах меди [3]. Нами проведен анализ отдаленных результатов применения лазера на парах меди «Яхрома-Мед». Его длина волны составляет 578 нм и соответствует спектру поглощения оксигемоглобина. Длительность импульса 15 нс, что короче времени тепловой релаксации (ВТР) сосудов. Пауза между импульсами 60 мкс не дает перегрева окружающих тканей. Для лечения капиллярных, комбинированных гемангиом и первичных сосудистых дисплазий лазером «Яхрома-Мед» обычно используется мощность - 0,6–0,8 Вт и время экспозиции — 0,2 с. [3]. Мы использовали мощность 0,45–0,5 Вт. Пациенты получали 4–7 процедур с интервалом 1–1,5 мес. Площадь гемангиом составляла 1–8 см², глубина до 3 мм. Несмотря на отличные результаты в первые месяцы, через 2–8 лет мы выявили грубые атрофические депигментированные рубцы, что может свидетельствовать о длительном постлечебном эффекте, что необходимо учитывать при планировании повторных процедур.

Библиографический список

1. **Надточий, А.Г.** Размышления о биологической сущности инфантильных гемангиом / А.Г. Надточий, В.В. Рогинский, А.С. Григорьян [и др.] // Ультразвуковая и функциональная диагностика. – 2011. – №6. – С. 72–82.
2. Drolet BA, Frieden IJ. Characteristics of infantile hemangiomas as clues to pathogenesis: does hypoxia connect the dots? // *Arch Dermatol.* 2010; 146(11):1295–1299 pmid:21079070.
3. Лечение новообразований кожи в периорбитальной области неабляционными методами / С.В. Ключарева, О.Д. Селиванова, И.В. Пономарев // Экспериментальная и клиническая дерматокосметология. – 2008. – № 6. – С. 50–55.

УДК 681.3

МАКАРОВ А.С.

ТЕХНОЛОГИЯ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ В ОФТАЛЬМОЛОГИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Цель работы: Разработка модели управления устройством виртуальной реальности для организации амбулаторного лечения амблиопии и косоглазия.

Методология / подход: Применение разработанной модели предоставляет возможность сделать процесс интерактивным, и, как следствие, более эффективным

Результаты: Предлагаемая система способна лечить амблиопию и косоглазие с помощью технологии виртуальной реальности за счет виртуальной линзы, созданной в виртуальной среде. Технической задачей является, создание эффективного лечения амблиопии и косоглазия у больных. Техническим решением является, аппаратно–программный комплекс позволяет проводить лечение амблиопии и косоглазия с помощью виртуальной линзы. Компонентом обеспечивающее лечение является, спроектированная специалистом виртуальная линза.

Применение: Для эффективного лечения нарушений зрения – амблиопии и косоглазия. Система разрабатывается для больниц, поликлиник, санаториев и других медицинских учреждений.

Оригинальность / значение: Данная система может быть внедрена в больницы и поликлиники. В больницах и поликлиниках существует нехватка оборудования, позволяющего лечить амблиопию, что, в свою очередь, формирует плотный поток пациентов. Возможность расширения системы позволит лечить другие заболевания. Пациенты, относящейся к детской группе больных, отдадут приоритет данной системе за счет ее интерактивности.

Информационные технологии в современном мире непрерывно развиваются. При появлении новой технологии обнаруживаются многие способы ее применения. Технология виртуальной реальности (VR) не стала исключением.

Технологии виртуальной реальности позволяют перенести человека в виртуальное пространство, запрограммированное специалистом. Такая возможность позволяет использовать технологию в медицине, в частности в офтальмологии.

Система, созданная на базе технологий VR, имеет огромный потенциал в возможности визуализаций. Пациент, погруженный в визуальную среду в процессе лечебной процедуры, имеет большой ряд преимуществ по сравнению со случаем использования для этой цели обычного медицинского оборудования. Также система способна открыть возможность домашнего лечения, что раньше не представлялось возможным.

Медицинской задачей является обеспечение корректировки зрения при помощи медицинского оборудования. Амблиопия или в медицинской терминологии «ленивый глаз» - это функциональное обратимое нарушение зрения, при котором у больного не задействован один или два глаза в зрительном процессе [2]. Глаза видят разные картинки или же один из глаз имеет деградирующий нерв, это в свою очередь приводит к невозможности совместить изображение с двух глаз в единое целое. В результате мозг подавляет работу одного из глаз. У пациентов такого типа отсутствует бинокулярное зрение – способность мозга правильно сопоставлять зрительное изображение. Такая способность необходима людям для оценки объемной картины мира и целостного восприятия действительности. Существует несколько разновидностей амблиопии: анизетропическая, депривационная, обскурационная, дисбинокулярная, истерическая, рефракционная.

Для обеспечения максимального результата лечения амблиопии необходима коррекция имеющейся аномалии рефракции. Полноценная коррекция необходима для получения отчетливого изображения на сетчатке глаза. Пациенту в таком случае назначают окклюзию сильного глаза. При этом окклюзия должна быть длительным периодом времени. Только в таких условиях можно обеспечить конкурентное тормозящее влияние сильного глаза (ведущего глаза). При этом проводятся повторные осмотры зрения ежемесячно. Если за период двух месяцев не происходит положительных изменений продолжение лечения с помощью окклюзии нецелесообразно [2].

Воздействие на глаз, аналогичное описанному, возможно создать с использованием принципа «виртуальной линзы», реализуемого при помощи технологий VR. Предлагаемая система, построенная на основе одного из устройств VR, способна лечить амблиопию и косоглазие с помощью технологии VR за счет «виртуальной линзы», созданной в виртуальной среде.

Предлагаемая система способна лечить амблиопию и косоглазие с помощью технологии виртуальной реальности за счет «виртуальной линзы», созданной в виртуальной среде очков VR.

Технической задачей является создание эффективного лечения амблиопии у больных. Техническое решение – аппаратно–программный комплекс позволяющий проводить лечение амблиопии с помощью «виртуальной линзы».

Компонентом, обеспечивающим лечение, является, созданная в вычислительной среде компьютера специально запрограммированная специалистом «виртуальная линза».

При реализации функциональных возможностей системы используется язык программирования C#. Его применение обосновывается значительными сравнительными преимуществами в плане создания программ, а также возможностью поддержки последних современных стандартов программирования.

В качестве среды для разработки 3D проекта выбран Unity, продукт компании Unity Technologies [3], потому что он имеет ряд преимуществ перед другими средствами разработки. Для 3D моделирования выбран программный продукт 3Ds Max, разработанный компанией Autodesk. Для использования системы для мобильных устройств под платформой Android, применяется SDK google android studio, в качестве плагина для виртуальной реальности Google CardBourd.

Таким образом, проведен анализ существующих методов лечения амблиопии и косоглазия, возможностей перевода их в «виртуальную среду» имеющихся в распоряжении устройств VR, а также исследования методов и способов реализации программного обеспечения, позволяющего лечить данное заболевание. Масштабное исследование предметной области позволило использовать существующие методики лечения для создания новых мето-

дик с использованием технологии виртуальной реальности. В результате создан аппаратно-программный комплекс, позволяющий проводить лечение амблиопии и косоглазия с помощью «виртуальной линзы», показавший целый ряд преимуществ перед используемыми в современной офтальмологической клинической практике инструментальных терапевтических средств: кроссплатформенность, невысокая стоимость, подтвержденная испытаниями высокая эффективность лечения, портативность. Практическая ценность работы: возможность легкого внедрения в больницы и поликлиники; устранение в больницах и поликлиниках существующей нехватки оборудования для лечения амблиопии, что, в свою очередь, формирует плотный поток пациентов, возможность расширения системы с созданием условий для лечения других офтальмологических заболеваний; привлекательность предлагаемого метода терапии для пациентов, относящихся к детской группе больных, которые с большой долей вероятности отдадут приоритет данной системе за счет ее интерактивности и использования прогрессивных компьютерных устройств.

Библиографический список

1. Виды виртуальной реальности. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://tproger.ru/translations/vr-explained/>, свободный. – Загл. с экрана.
2. **Передерий, В.А.** Глазные болезни. Полный справочник / В.А. Передерий. – М.: Эксмо, 2008. – 704 с.
3. Информация о среде разработки Unity3d. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.unrealengine.com/en-US/what-is-unreal-engine-4>, свободный. – Загл. с экрана.

УДК 617

НОВИКОВА Д.А., МЕЛУЗОВ А.Г.,
НОВОЖИЛОВА О.О., ЕГОШИН М.А

ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ КОНФИГУРАЦИЯ КОМПЛЕКСА ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ОЖОГОВЫХ РАН

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Целью исследования является разработка прототипа устройства по оказанию медицинской помощи пациентам с ожоговыми повреждениями, сопровождающимися обильным образованием выделений.

Устройство должно позволять воздействовать различными способами на поврежденную ткань, ускоряя тем самым ее регенерацию, обеспечивая при этом асептичность окружающей среды. За основу были взяты несколько биофизических процессов, обусловленных воздействием на биоткани:

- дезинфицирующее свойство ультрафиолета на длинах волн 375 – 420 нм;
- ускорение метаболизма клеток под воздействием красного света с длинами волн 620 нм, 680 нм;
- ускорение метаболизма клеток под воздействием ближнего инфракрасного света с длинами волн 760 нм, 820 нм;
- промывка пульсирующей струей физ. раствора для наибольшей эффективности удаления гнойных выделений;
- окислительные свойства кислорода и озона.

Устройство имеет два основных модуля – электрический и гидравлический, а также контактную поверхность, в рамках которой осуществляется непосредственное воздействие на поврежденный участок ткани. Сама контактная поверхность выполнена в форме ракушки с встроенными сетками красных и инфракрасных светодиодов. Для распыления смесей в верхней части корпуса установлена форсунка со степенью свободы, позволяющей ей вращаться. Рядом расположен патрубок забора жидкости с наконечником со множеством прорезей.

Электрический блок включает в себя несколько контуров постоянного тока: на 24 В и 5 В. 24 В контур отвечает за питание силовой схемы – насосов, компрессоров, системы ох-

лаждения, клапанов и модуля УФ-светодиодов, обозначенном на схеме как «УФ-лампа». Питание 5В линией поступает на модули красных и инфракрасных светодиодов меньшей мощности, а также, через стабилизаторы на схему управления, которая отвечает за регулировку напряжения на всех элементах комплекса.

УДК 621.039

САЛАХЕТДИНОВА А.Х., НОВОЖИЛОВА О.О., МЕЛУЗОВ А.Г.

ВАРИАНТЫ ПОЛУЧЕНИЯ ИЗОТОПА ^{99}Mo ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ЯДЕРНОЙ МЕДИЦИНЫ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Для обеспечения потребностей ядерной медицины в основном диагностическом радионуклиде $^{99\text{m}}\text{Tc}$ необходимо налаженное производство ^{99}Mo , который на данный момент получают на промышленных и исследовательских ядерных реакторах.

При традиционном реакторном способе производства остается большое количество жидких радиоактивных отходов, и работать приходится с мишенями из высокообогащенного урана.

В общем годовом производстве радиоизотопной продукции более 50% процентов потребления приходится именно на медицинскую практику. Но во многих странах в последнее десятилетие ширится общественное движение за запрет использования ядерной энергии, кроме того многие блоки вообще выводятся из эксплуатации или закрываются на переоснащение. Поэтому необходима разработка альтернативных источников производства медицинских радионуклидов.

Одним из универсальных устройств для получения медицинских радионуклидов может стать ускорительно-управляемая система с мишенным комплексом.

Мишенное вещество или мишень – это та часть ускорительно-управляемой системы, в которой идет образование радионуклидов в результате ядерных реакций, происходящих в материале мишени под действием потока частиц от ускорителя. В зависимости от выбранного типа материала мишени и характеристик потока бомбардирующих частиц существует возможность нарабатывать различные радионуклиды. Выделение нужного нуклида происходит радиохимическими методами в горячих камерах, после заданного времени облучения. Поэтому возможно получение широкого ряда медицинских радионуклидов и также существует возможность расширения сферы применения ускорительно-управляемой системы – создания устройств для проведения лучевой терапии.

Промышленная биотехнология и биоинженерия

УДК

АБАРБАНЕЛЬ Н.В., КУЗИНА О.В.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВИРУСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПРЕПАРАТА «ЦЕРУЛОПЛАЗМИН»

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Препараты, получаемые из плазмы крови доноров, относятся к категории жизненно необходимых и важнейших лекарственных средств, так как они широко используются для профилактики и лечения опасных заболеваний, вызванных травмами, инфекциями, генетическими и иммунными дефектами. Главная проблема производства данных препаратов состоит в ассоциированном с плазмой перечне инфекционных угроз, наиболее опасными из которого являются вирусы.

Отбор доноров и скрининг донаций проводятся до пулирования плазмы с целью изъятия образцов с выявленной инфекцией. Однако риск поступления инфицированного сырья на предприятия по переработке плазмы остаётся. Как правило, это плазма, заготовленная в период «серологического окна», а также образцы с ложноотрицательными результатами, обусловленными лабораторными ошибками, недостаточной чувствительностью тестов или, наоборот, ингибированием иммунологической реакции из-за избытка антигена в исследуемом образце (так называемый hook-effect) [1]. Разработка и внедрение методов инактивации и удаления вирусов позволяют избежать последствий случайных ошибок в идентификации рисков.

Лечебный препарат «Церулоплазмин», как и любой другой препарат, получаемый из плазмы крови доноров, несет риск инфицирования реципиентов гемотрансмиссивными вирусами, поэтому его производство также должно гарантировать вирусную безопасность конечного продукта. Метод спиртового фракционирования по Кону, применяемый для выделения осадка IV-1, из которого впоследствии получают препарат «Церулоплазмин», является одним из важнейших этапов обеспечения вирусной безопасности, при этом создаются условия как для инактивации вирусов (высокие концентрации этанола), так и для их удаления. Однако в соответствии с требованиями Государственной Фармакопеи РФ XIII предусматривается внедрение в технологию производства нескольких стадий вирусной инактивации и/или элиминации вирусов. В связи с этим цель данной работы - выявить влияние дополнительных методов инактивации/удаления вирусов на физико-химические показатели качества полупродукта препарата «Церулоплазмин».

В результате проделанной работы установлено, что наиболее оптимальными методами инактивации/удаления вирусов, оказывающими минимальное воздействие на физико-химические показатели качества ЦП, являются пастеризация раствора ЦП с добавлением стабилизаторов (40-60% сорбита (ксилита) в присутствии 20-30% сахарозы) и сольвент-детергентная обработка. Данные стадии могут быть включены в процесс производства препарата ЦП, однако их внедрение требует внесения существенных изменений в действующую технологию, а именно, введение дополнительных стадий внесения стабилизаторов/реагентов СД-смеси с последующим их удалением. Поэтому в настоящее время продолжается поиск

оптимальных технологических решений, позволяющих минимизировать риск вирусной контаминации при производстве препарата «Церулоплазмин».

1. **Зубкова, Н.В.** Биотехнологические аспекты эффективной и безопасной переработки донорской плазмы: проблемы и перспективы // Биопрепараты. – 2014. – Т. 49. – № 1. – С. 4-10.

УДК 620.193

МАКЕДОШИН А.С., ГУРСКИЙ Н.В., КАЛИНИНА А.А.,
САЗАНОВА Т.С., СОКОЛОВА Т.Н.

АТОМНО-СИЛОВАЯ МИКРОСКОПИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ БИОКОРРОЗИИ СТАЛИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время процесс микробиологически индуцированной коррозии (МИС) или биокоррозии рассматривается как самостоятельный вид повреждения металлов.

Показано, что процесс биокоррозии начинается с бактериальной адгезии и образования биопленки на поверхности металла. В реальных условиях биопленки имеют тенденцию создавать гетерогенные поверхностные условия, приводящие к локализованной коррозии, обычно в форме точечной коррозии. Поэтому в исследованиях МИС важно количественно определить точечную коррозию. Что касается поверхностного анализа, широко используются обычные микроскопические методы, такие как сканирующая электронная микроскопия (SEM), просвечивающая электронная микроскопия (ТЕМ).

Насколько глубоко повреждения металла на этапе заселения поверхности бактериями после локального формирования на ней основного экссудата стало возможным оценить методом атомно-силовой микроскопии (АСМ). Следует отметить, что из-за большого и резкого перепада высот анализируемых топографических структур АСМ-сканирование в подобных исследованиях используется достаточно редко и впервые, когда образец стали контактирует непосредственно с бактериями, иннокулированными на плотной питательной среде.

Микроскопическое исследование поверхности стали под воздействием бактерий *Pseudomonas aeruginosa* было проведено после локального формирования на ней экссудата с pH ~ 11.

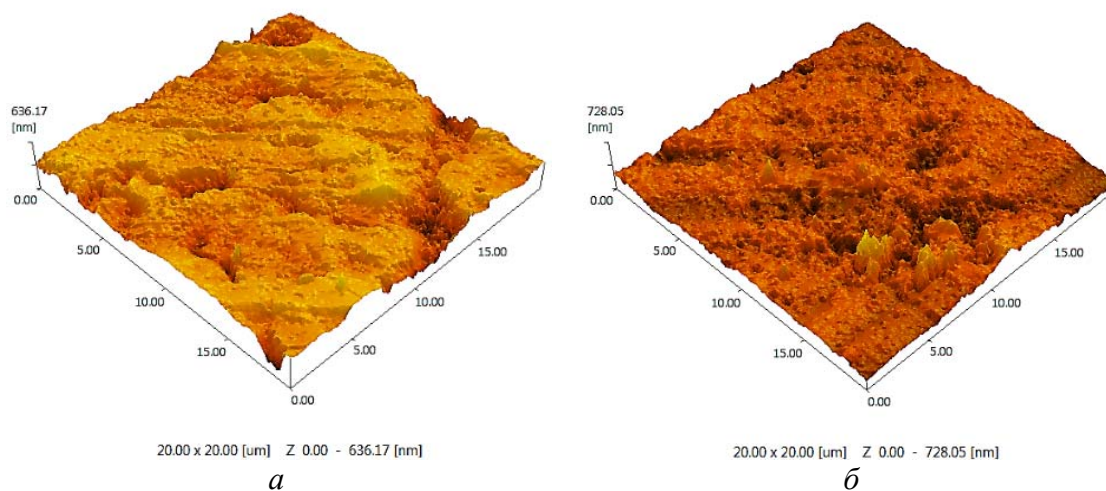


Рис. 1. АСМ-изображение поверхности и профиль поверхности образца низкоуглеродистой стали после экспозиции под воздействием бактерий *Pseudomonas aeruginosa* в течение одних суток (а), трех суток (б)

На рис. 1 *а, б* представлены результаты АСМ-анализа образца стали после экспозиции в течение одних и трех суток на плотной питательной среде, инокулированной бактериями *Pseudomonas aeruginosa*. Из рис. 1 *а, б* следует, что уже через одни и трое суток экспозиции на анализируемом участке поверхности четко проявляется морфология биопленки, состоящей, как известно, из внеклеточных биополимерных веществ и характерных пустот. После удаления биопленки проявляется коррозия в виде неоднородных углублений. Потенциально АСМ-метод может быть использован при оценке коррозионных повреждений и потерь на стадии, когда сопряжение биологического фактора с химическими и электрохимическими минимально, а гравиметрический метод анализа коррозии еще не чувствителен.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-33-01003/18.

УДК

СИЛАНТЬЕВА А.Ю., АБАРБАНЕЛЬ Н.В., РАЗУМКОВА Е.В., ПЛЕСКОВА С.Н.

ВЛИЯНИЕ БАКТЕРИЙ STAPHYLOCOCCUS AUREUS И ESCHERICHIA COLI НА ОСМОТИЧЕСКИЙ ГЕМОЛИЗ ЭРИТРОЦИТОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Важнейшие функции эритроцитов (газотранспортная, защитная, регуляторная) не реализуются при возникновении гемолиза. Гемолиз может являться конечной точкой жизненного цикла эритроцитов, а может быть спровоцирован неблагоприятными внешними факторами. Известно, что при ряде микробных инвазий одним из факторов патогенности микроорганизмов являются гемолизины (например, β - и α - гемолизины стрептококков). Поддержание гемолитической резистентности эритроцитов на определенном уровне является важной гомеостатической функцией (из-за необходимости эритроцитов проходить по капиллярам с малым диаметром).

Целью данной работы являлось исследование осмотической резистентности эритроцитов под влиянием бактерий *Staphylococcus aureus* 2879м (грамположительные) и *Escherichia coli* 321 (грамотрицательные).

Материалом служила кровь здоровых доноров, стабилизированная ЭДТА. Гемолитическая устойчивость эритроцитов в условиях осмотического гемолиза определялась унифицированным методом в модификации Л. И. Идельсона [1]. Оптическая плотность измерялась с помощью спектрофотометра («СПЕКС ССП-705», Россия). Обработка статистических результатов осуществлялась в программе ORIGIN 8.0.

У исследуемых штаммов статистически значимого влияния на степень гемолиза и осмотическую резистентность мембран эритроцитов не выявлено

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда, № проекта 16-14-10179.

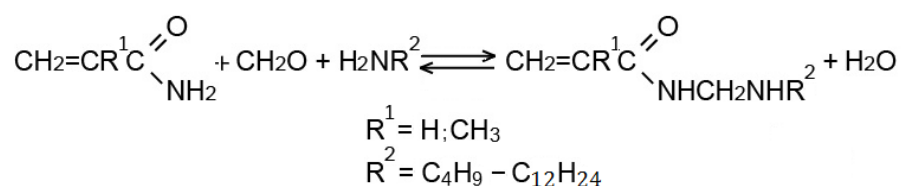
-
1. **Меньшиков, В.В.** Лабораторные методы исследования в клинике: справочник / В.В. Меньшиков. – М.: Медицина. 1987. – С. 386.

УДК 547.333.3:675.043.42:542.06

АРИФУЛЛИН И.Р.,
САВИНОВА М.В., ГУЩИН А.В.**СИНТЕЗ НОВЫХ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ
N-АЛКИЛАМИНОМЕТИЛ(МЕТ)АКРИЛАМИДОВ ПО РЕАКЦИИ МАННИХА**Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,
Дзержинский политехнический институт (филиал)

В последнее время возрос интерес к полимерам на основе поверхностно-активных мономеров, обладающих сочетанием поверхностно-активных свойств и способности к полимеризации. (Со)полимеры такого типа находят все более широкое практическое применение. Полимеры на основе поверхностно-активных веществ используют в медицине в качестве систем для доставки лекарств. Известно применение таких (со)полимеров в качестве реагентов для повышения нефтеотдачи, а также в качестве загустителей водных и водно-органических систем [1, 2]. Поэтому поиск новых ПАВ, способных к полимеризации, является весьма актуальной задачей и важным направлением в современной полимерной науке.

В данной работе были синтезированы новые поверхностно-активные аминоксодержащие высшие (мет)акриламиды - N-алкиламинометил(мет)акриламиды. Для получения мономеров такого типа использован метод синтеза по реакции Манниха путем взаимодействия акриламида или метакриламида с формальдегидом и высшими первичными аминами C₄-C₁₂ в двухфазных водно-органических системах. Схема синтеза N-алкиламинометил(мет)акриламидов по реакции Манниха представлена на рис. 1.

**Рис. 1. Синтез N-алкиламинометил(мет)акриламидов по реакции Манниха**

Аминометилирование амидов по реакции Манниха в водных системах протекает в мягких условиях, поэтому синтезы проводились при температурах 20-50°C. Высокие температуры (выше 80°C) не применяются из-за термической нестабильности получаемых оснований Манниха, а также промежуточных продуктов.

Получаемые аминоксиды содержат гидрофобные высшие алкильные группы, поэтому целевые продукты не растворимы в воде и легко отделяются от нее.

Изучение взаимодействия (мет)акриламида, формальдегида и высших аминов в воде позволило подобрать такие условия процесса, при которых целевой мономер образуется с высокими выходами.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-33-01021.

Библиографический список

1. **Kaczorowski, M.** Reactive surfactants – chemistry and applications Part I. Polymerizable surfactants / M. Kaczorowski, G. Rokicki // Polimery. – 2016. – Vol. 11–12. – P. 747–757.
2. **Summers, M.** Applications of polymerizable surfactants / M. Summers, J. Eastoe // Advances in Colloid and Interface Science. – 2003. – V. 100–102. – P. 137–152.

УДК 66.081.6-278

АТЛАСКИН А.А., ПЕТУХОВ А.Н.,
ЯНБИКОВ Н.Р., ВОРОТЫНЦЕВ И.В., ВОРОТЫНЦЕВ В.М.

УДАЛЕНИЕ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА И СЕРОВОДОРОДА ИЗ МЕТАН-СОДЕРЖАЩИХ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ МЕТОДОМ АБСОРБЦИОННОЙ ПЕРВАПОРАЦИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время для удаления нежелательных примесных компонентов (таких как диоксид углерода и сероводород) из природного газа и биогаза применяется метод химической сорбции с использованием в качестве абсорбента водных растворов аминов. Такой подход имеет ряд серьезных недостатков, приводящих к повышению капитальных и производственных затрат, снижению экологической и производственной безопасности, а также к проведению дополнительных технологических процедур из-за попадания воды и летучих аминов в газовый поток на этапе регенерации сорбента и деградации аминов, влекущей за собой образование химически активных веществ.

Метод разделения газов, основанный на применении мембранной технологии является перспективным технологическим решением, обладающим потенциалом к применению в задачах очистки природного газа и биогаза. Как правило, для достижения высоких показателей чистоты конечного продукта применяются многоступенчатые мембранные аппараты, характеризующиеся повышенной энергоемкостью и сложным аппаратным оформлением (аппараты каскадного типа и мембранные контакторы).

Альтернативным решением, предлагаемым для реализации в настоящем проекте, является метод абсорбционной первапорации с использованием ионной жидкости в качестве абсорбента. Такой подход имеет ряд преимуществ перед традиционными технологиями, а именно: процесс разделения проводится в объеме одного аппарата, а применяемые в качестве абсорбента ионные жидкости обладают высокой растворимостью кислых газов по сравнению с традиционно-применяемыми полимерными мембранами, что в результате приведет к увеличению селективности процесса.

В работе проведена экспериментальная оценка эффективности абсорбционной первапорации в процессе разделения бинарных газовых смесей на основе метана с сопутствующими примесями – диоксид углерода и сероводород. Показано влияние состава жидкого абсорбента и степени отбора продукта на эффективность разделения (селективность и производительность). Было продемонстрировано, что предлагаемая гибридная схема может рассматриваться как перспективный подход к очистке природного и биогаза по сравнению с другими методами на основе мембран, такими как традиционное мембранное газоразделение и мембранные контакторы.

Эффективность предлагаемого метода была оценена экспериментально и сравнена с традиционным мембранным газоразделением. Кроме того, была измерена проницаемость индивидуальных газов (CH_4 , CO_2 и H_2S) через комбинированную систему мембрана-абсорбент. На примере разделения бинарных газовых смесей было показано, что метод абсорбционной первапорации всегда превосходит метод мембранного газоразделения, более того, результаты измерения проницаемости индивидуальных газов демонстрируют аналогичные зависимости.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-38-00846 (мол_а).

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫДЕЛЕНИЯ АММИАКА
МЕТОДОМ АБСОРБЦИОННОЙ ПЕРВАПОРАЦИИ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Технология синтеза аммиака с момента ее изобретения Габером и Бошем не претерпела значительных изменений, и стадия выделения аммиака требует значительного энергообеспечения из-за необходимости охлаждения газовой смеси до температуры конденсации аммиака. Метод газоразделения на основе мембран может рассматриваться как перспективный подход вместо традиционно применяемых криогенных очистителей.

В настоящем исследовании предлагается новый метод – абсорбционная первапорация для интенсификации процесса выделения аммиака. Этот гибридный метод разделения представляет собой комбинацию поглощения газа жидким абсорбентом (водные растворы поли(этиленгликоля) (ПЭГ)), расположенным на высокопроницаемой мембране и последующую первапорацию. Поскольку аммиак характеризуется высокой растворимостью в воде, ее использование в качестве абсорбента целесообразно, однако физико-химические свойства воды (высокая летучесть, низкая температура кипения и т.д.) не позволяют применять ее индивидуально. В качестве связующего агента был использован ПЭГ-600.

В работе проведена экспериментальная оценка эффективности абсорбционной первапорации в процессе разделения бинарных газовых смесей на основе аммиака с сопутствующими примесями – азот и водород. В работе показано влияние состава жидкого абсорбента и степени отбора продукта на эффективность разделения (селективность и производительность). Было продемонстрировано, что предлагаемая гибридная схема может рассматриваться как перспективный подход к выделению аммиака по сравнению с другими методами на основе мембран, такими как традиционное мембранное газоразделение и мембранные контакторы.

Для изучения и оптимизации системы были приготовлены бинарные газовые смеси NH_3/N_2 и NH_3/H_2 с содержанием NH_3 15%об. В качестве газоразделительной мембраны была использована коммерчески доступная эластомерная поли(диметилсилоксановая)-поли(дифенилсилилсвеоксановая) мембрана (ЛЕСТОСИЛ), а в качестве абсорбента использовались водные растворы ПЭГ. Массовые доли воды в приготовленных бинарных растворах изменялись с шагом 0,05%масс. от 0,05 до 0,20. Экспериментальная установка, предназначенная для оценки эффективности разделения методом абсорбционной первапорации оснащена ГХ/ДТП системой для анализа состава потока пермеата, а ключевым компонентом является абсорбционно-первапорационный мембранный модуль.

Эффективность предлагаемого метода была оценена экспериментально и сравнена с традиционным мембранным газоразделением. Кроме того, была измерена проницаемость индивидуальных газов (H_2 , N_2 и NH_3) через комбинированную систему мембрана-абсорбент. На примере разделения бинарных газовых смесей было показано, что метод абсорбционной первапорации всегда превосходит метод мембранного газоразделения, более того, результаты измерения проницаемости индивидуальных газов демонстрируют аналогичные зависимости.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда в рамках проекта № 17-79-20286.

АХМЕТШИНА А.И.^{1,2}, ТРУБЯНОВ М.М.¹,
АТЛАСКИН А.А.¹, МЕШЕРГУЙ А.¹, ВОРОТЫНЦЕВ И.В.¹

ГАЗОТРАНСПОРТНЫЕ СВОЙСТВА МЕМБРАН, ИМПРЕГНИРОВАННЫХ ИОННЫМИ ЖИДКОСТЯМИ, ПО ОТНОШЕНИЮ К ГАЗОВЫМ СМЕСЯМ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева¹,
Казанский национальный исследовательский технологический университет²

Производство газообразного топлива, а именно метана, к настоящему времени наиболее экономичного вида энергоресурсов, является сложным, многостадийным и трудоемким процессом. Так, природный газ, один из источников метана, наряду с попутными нефтяными газами и биогазом, содержит помимо целевого компонента множество примесей, таких как диоксид углерода и сероводород наличие которых в готовом продукте недопустимо. Поэтому эти газы, в ходе подготовки природного газа для потребительских нужд, очищают от кислых газов. Согласно последним трендам развития научных работ в этой области преодолеть ограничения, существующие в мембранном газоразделении, позволяет класс композиционных полимерных мембран, импрегнированных фазой ионной жидкости (ИЖ), или их полимеризованных аналогов, которые содержат функциональные группы, связывающие кислые газы. В отличие от стандартных полимерных мембран транспорт пенетрантов в подобных мембранах протекает по механизму облегченного транспорта, наряду с механизмом растворения-диффузии.

Целью данной работы является исследование газотранспортных свойств ИЖ-мембран, содержащих $\text{bmim}[\text{ace}]$ в качестве жидкой фазы, по отношению к бинарным смесям, содержащим кислые газы и выявление различий с случаем транспорта индивидуальных газов.

Была исследована проницаемость индивидуальных газов H_2S , CO_2 и CH_4 через пористые полимерные мембраны, импрегнированные 1-бутил-3-метилимидазолия тетрафторборатом ($\text{bmim}[\text{BF}_4]$) и 1-бутил-3-метилимидазолия ацетатом ($\text{bmim}[\text{ace}]$). Максимальные газотранспортные свойства были выявлены для мембран, содержащих $\text{bmim}[\text{BF}_4]$, а именно коэффициенты проницаемости по H_2S , CO_2 и CH_4 были равны 380, 80 и 12 Баррер соответственно. Для $\text{bmim}[\text{ace}]$ массоперенос газов через мембрану был менее выражен, и коэффициенты проницаемости кислых газов и метана принимали значение 110, 90 и 6 Баррер, соответственно. В случае индивидуальных газов, эффективность отделения сероводорода была выше на мембранах, реализующих транспорт пенетрантов по механизму растворения-диффузии по сравнению с мембраной, действующей по принципу облегченного транспорта. При исследовании транспорта бинарных газовых смесей, мембраны с $\text{bmim}[\text{BF}_4]$ характеризовались коэффициентом проницаемости и селективностью, практически идентичным показателям для индивидуальных газов. небольшие концентрации кислых в бинарных смесях обусловили интенсификацию транспорта их молекул через мембраны с $\text{bmim}[\text{ace}]$, что привело к резкому возрастанию проницаемости и селективности разделения. В данном случае селективности CO_2/CH_4 и $\text{H}_2\text{S}/\text{CH}_4$ составили 96.9 и 102.9, соответственно.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФ № 18-19-00453.

БАРЫШЕВА А.В. МОЧАЛОВ Г.М.

РАВНОВЕСИЕ ЖИДКОСТЬ-ПАР В СИСТЕМЕ ДИБУТИЛОВЫЙ ЭФИР – ПИРИДИН

Нижегородский государственный технический университет имени Р. Е. Алексеева

Для проведения процесса разделения бинарных смесей методом дистилляции требуются сведения о фазовом поведении и термодинамических свойствах смесей.

Поведение смесей, где один компонент является полярным, а другой слабополярным, вы-

зывает интерес, поскольку такое сочетание свойств часто приводит к значительному отклонению от идеальности, что может сопровождаться образованием гомо- и гетероазеотропов.

Подобные бинарные смеси часто используются в качестве растворителей в процессах органического синтеза. Обычно в конце синтеза встает вопрос о разделении этих смесей на исходные компоненты. Наиболее технологичным, экологичным и экономичным способом разделения смеси летучих компонентов является дистилляция. Для оценки эффективности проведения процесса необходимо знание об отклонении системы от идеальности, которое характеризуется значением коэффициента активности.

Сведения о фазовом равновесии смесей можно получить как экспериментально, что требует больших трудозатрат и специально оборудованной лаборатории, так и путем теоретической оценки.

Теоретические методы оценки равновесия в бинарных системах основываются либо на использовании термодинамических свойств чистых компонентов смеси, либо на различных вариантах полуэмпирических корреляций, обобщающих большой массив экспериментальных данных по различным бинарным системам и распространяющих эти обобщения на смеси, для которых нет экспериментальных данных.

Основное уравнение, позволяющее обобщать и коррелировать экспериментальные и теоретические данные, – это уравнение Гиббса-Дюгема. Для бинарных смесей оно имеет вид:

$$x_1 \left(\frac{\partial \ln \gamma_1}{\partial x_1} \right)_{T,P} = x_2 \left(\frac{\partial \ln \gamma_2}{\partial x_2} \right)_{T,P}$$

Интегрируя данное уравнение, получают выражения зависимости коэффициента активности от концентрации в бинарных системах, например, уравнение Маргулеса, Ван-Лаара, Вильсона и др.

Для использования интегральной формы уравнения Гиббса-Дюгема необходим расчет значения коэффициента активности в предельно разбавленном растворе. В настоящей работе были использованы популярные модели для расчета коэффициента активности, использующие как чисто теоретические представления (модель регулярных растворов Гильдебрандта-Скетчарда), так и полуэмпирические (UNIFAC).

Модель UNIFAC использует полученные путем обработки массива экспериментальных данных вклады атомных инкрементов функциональных групп в значение коэффициента активности веществ, из которых образован раствор.

Модель Гильдебрандта-Скетчарда использует термодинамические свойства чистых веществ, в качестве приближения полагая избыточную энтропию смешения при образовании смеси равной нулю.

В данной работе было проведено экспериментальное изучение равновесия жидкость-пар в системе дибутиловый эфир – пиридин. Проведен теоретический расчет вида равновесной диаграммы состояния жидкость-пар различными методами. Дана оценка корреляции теоретических и экспериментальных данных.

УДК 66.081.6-278

БАТТАЛОВ С.В., ТРУБЯНОВ М.М., ВОРОТЫНЦЕВ И.В.

КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ ТРУДНОПРОНИКАЮЩЕГО КОМПОНЕНТА МЕТОДОМ ИМПУЛЬСНОГО ОТБОРА РЕТЕНТАТА ПРИ МЕМБРАННОМ ГАЗОРАЗДЕЛЕНИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Повышение качества выпускаемой продукции, ужесточение требований природоохранного законодательства, потребность в снижении себестоимости продукции для уменьшения затрат в современной экономической ситуации ставит перед специалистами в области процессов и аппаратов химической технологии задачи по внедрению энергоэффективных методов разделения.

Мембранное газоразделение – это технология, обеспечивающая ряд преимуществ с точки зрения экологических требований, энергосбережения, капитальных и операционных затрат. Ключевыми моментами развития мембранного разделения являются синтез новых высокоселективных полимерных материалов, разработка новых процессов и конфигураций процессов, а также оптимизация условий работы для существующих технологий [1].

Новый инженерный подход к интенсификации процесса мембранного газоразделения базируется на особенностях реализации нестационарного процесса. Периодический процесс реализуется циклично в два этапа: установления безотборного режима и импульсного отбора ретентата. В основе метода лежит идея увеличения движущей силы процесса за счет «возмущения» стационарного состояния системы при чередовании безотборного режима с кратковременным отбором продукта. Технические особенности созданной установки позволяют реализовать предложенный периодический циклический процесс. Предложенная концепция показывает улучшение разделительного эффекта в мембранной ячейке при такой же производительности, как и в стационарном режиме газоразделения, что существенно отличает ее от предложенных ранее концепций нестационарных процессов. Новый режим импульсного отбора ретентата показал хорошие результаты разделения для удаления легко проникающего компонента (ЛПК) в области малых производительностей, что согласуется с феноменологическим подходом, опубликованным ранее [2]. Рассмотрена схема с рециркуляцией потока пермеата для задач концентрирования трудно проникающего компонента (ТПК). Увеличение эффекта разделения по сравнению со стационарным процессом было продемонстрировано во всем диапазоне производительностей. Разработана многопараметрическая модель оптимизации процесса импульсного отбора ретентата с учетом всех рабочих параметров (скорости потоков, времени закрытия, времени открытия клапана, объема отбираемого образца ретентата и селективность мембраны), влияющих на итоговую разделительную способность мембранного аппарата. Впервые показана возможность увеличения разделительной способности мембранного модуля в нестационарном режиме с периодическим отбором продукта по сравнению со стационарным разделением при одинаковых производительностях за счет более высокой движущей силы нестационарного процесса.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 17-79-10464.

Библиографический список

1. L. Wang, J.-P. Corriou, C. Castel, E. Favre, A critical review of cyclic transient membrane gas separation processes: State of the art, opportunities and limitations, J. Memb. Sci. 383 (2011) 170–188. doi:10.1016/j.memsci.2011.08.052.
2. М.М. Трубянов, Р.Н. Дроздов, А.А. Атласкин, С. В. Батталов, Е.С. Пузанов, А. В. Воротынтsev, А.Н. Петухов, В.М. Воротынтsev, I. V. Vorotyntsev, Unsteady-state membrane gas separation by novel pulsed retentate mode for improved membrane module performance: Modelling and experimental verification, J. Memb. Sci. 530 (2017) 53–64. doi:10.1016/j.memsci.2017.01.064

УДК 544.777

БЕЗРУКОВ Н.А., ПОЛОЗОВ Е.Ю.,
ОТВАГИНА К.В., ВОРОТЫНЦЕВ И.В.

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОЛЕКУЛЯРНО-МАССОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОМЫШЛЕННО ЗНАЧИМЫХ ПОЛИМЕРОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Молекулярная масса (ММ) является одной из фундаментальных характеристик высокомолекулярных соединений. ММ напрямую определяет реологические, физико-механические, теплофизические свойства полимеров и способы их переработки. Синтетическим полимерам свойственна полидисперсность, ММ для них является усредненной величиной и различается в зависимости от метода получения. Поэтому для большинства промыш-

ленных применений, определение ММ является первоочередной задачей. Существует ряд подходов, позволяющих определить ММ полимера и его молекулярно-массовое распределение (ММР). Погрешность измерений определяется чувствительностью методов к различным полимерным фракциям. Таким образом, существует необходимость в выявлении ограничений в применении конкретных методов. В частности, на точность вискозиметрического анализа значительно влияет разброс констант K и α для конкретного полимера в уравнении Марка-Куна-Хаувинка.

Целью исследования является получение полистирола (ПСт) и полиметилметакрилата (ПММА) с различной полидисперсностью методами свободно-радикальной и RAFT-полимеризации, определение молекулярно-массовых характеристик с помощью гелепроникающей хроматографии (ГПХ) и вискозиметрии Штабингера. Выявление ограничений в применимости методов.

Для инициирования реакций полимеризации во всех случаях применялся динитриллазоизомаасленой кислоты (ДАК). Свободно-радикальная полимеризация мономеров проводилась в массе. RAFT-полимеризация проводилась в среде бензола с применением 4-циано-(4-додecilсульфонилтиокарбонил) сульфонил пентановой кислоты. RAFT-агент был синтезирован ранее по известной методике и охарактеризован методом ЯМР. Полученные образцы полимеров были проанализированы методами ГПХ на жидкостном хроматографе Prominence LC 20LP (Shimadzu, Япония) с колонками, наполненными полистирол-дивинилбензолом с размерами пор 1×10^5 и 1×10^4 ангстрем и вискозиметрическим методом с использованием ротационного вискозиметра Штабингера SVM 3001 (Anton Paar, Австрия).

По результатам ГПХ установлено, что выбранный RAFT-агент позволяет почти в 2 раза уменьшить полидисперсность ПММА, при этом полидисперсность ПСт практически не изменяется. Анализ ММ по двум методам для ПСт полученного свободно-радикальной полимеризацией показал сходимые результаты. Среднемассовая ММ, определенная методом ГПХ, составляет 48 КДа. Средневязкостная ММ, определенная методом вискозиметрии Штабингера, составляет 47 КДа. Сделаны выводы относительно чувствительности методов к различным фракциям, и рассчитана возможная ошибка. Получены условия наладки вискозиметрического оборудования для повышения качества результатов измерения. Выявление закономерностей в определении ММ полимеров различными способами позволит использовать экспрессную методику точного измерения ММ.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ (грант № 18-19-00453).

УДК 542.934.8

БЕЛОУСОВ А.С., ЕСИПОВИЧ А.Л., ЗАВРАЖНОВ С.А., ОТОПКОВА К.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЖИДКОФАЗНОЙ ДЕГИДРАТАЦИИ ГЛИЦЕРИНА В АКРОЛЕИН В ПРИСУТСТВИИ КРЕМНЕВОЛЬФРАМОВОЙ КИСЛОТЫ

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

Акролеин и его производные используются в производстве акриловой кислоты, метионина 1,3-пропандиола, пиридина, глутаральдегида, β -пиколина, акрилонитрила, лекарственных препаратов, гербицидов, ароматизаторов и пластификаторов.

В настоящее время основным промышленным способом получения акролеина является парциальное парофазное окисление пропилена в присутствии мультикомпонентных катализаторов. Данный способ имеет ряд существенных недостатков, основными из которых являются: высокая стоимость пропилена; низкая экологичность производства за счет образования оксидов углерода; сложность выделения и очистки товарного акролеина за счет образования большого количества побочных продуктов (уксусная кислота, ацетальдегид, малеиновый ангидрид и др.).

Таким образом, в современных условиях ужесточения экологических требований к химическим производствам в последние годы резко интенсифицировались исследовательские работы по использованию возобновляемого растительного сырья для получения акролеина. Одним из наиболее перспективных путей решения данной задачи является получение акролеина дегидратацией глицерина, избыток которого в последние годы сформировался на мировом рынке в связи с резким ростом объемов производства биодизельного топлива.

Анализ научной и патентной литературы показал, что процесс дегидратации глицерина проводят в жидкой или паровой фазе в присутствии катализаторов кислотного типа.

В данной работе исследован процесс жидкофазной дегидратации глицерина в акролеин при 250-290 °С с использованием кремневольфрамовой кислоты $H_4SiW_{12}O_{40} \cdot 15H_2O$ в качестве катализатора. Эксперименты проводили на лабораторной установке с непрерывной отгонкой продуктов реакции. В реактор загружали 40 г глицерина, включали мешалку и исходную массу нагревали до температуры реакции. При достижении заданной температуры в реактор добавляли навеску катализатора (10^{-4} % мол.) и фиксировали время начала реакции.

Было установлено, что в данных условиях выход акролеина не превышал 10 % при полной конверсии глицерина в течение 2-3 часов. Хромато-масс-спектрометрический анализ реакционной смеси показал, что побочными продуктами процесса являются гидроксиацетон, ацетальдегид и аллиловый спирт. Однако в ходе проведения процесса образуются большие количества продуктов осмоления (до 70 %) в результате протекания реакций конденсации акролеина и олигомеризации глицерина, что обусловлено, по-видимому, высокой кислотностью катализатора и жесткими условиями проведения процесса.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-33-00159.

УДК 665.7.038:665.7.035

БОЛЬШАКОВА Е.А., АРИФУЛЛИН И.Р.

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ПРОТИВОТУРБУЛЕНТНЫХ ПРИСАДОК ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ ПРОБЛЕМНЫХ НЕФТЕЙ

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

В условиях тенденции роста объема добычи и транспортировки нефти вопрос о повышении эффективности магистральных нефтепроводов с каждым годом становится все более актуальным. Одним из наиболее простых и экономичных путей решения данной проблемы является применение полимерных противотурбулентных присадок (ПТП), снижающих гидравлическое сопротивление и, как следствие, увеличивающих пропускную способность трубопроводов. Введение в поток ПТП в небольших количествах (30-50 г/т) позволяет значительно сократить капиталовложения и энергетические затраты на перекачку нефти.

Однако в нефтедобывающих регионах в результате длительной разработки нефтяных месторождений вырабатываются запасы нефтей с малой вязкостью и плотностью. Происходит постепенный переход на добычу высоковязких нефтей с повышенным содержанием асфальтено-смолистых веществ (АСВ) и твердых парафинов, в которых традиционные ПТП на основе поли- α -олефинов не всегда эффективны. Причина, прежде всего, в снижении растворимости неполярного полимера в нефти богатой полярными АСВ. Для улучшения сродства присадки с такой нефтью нами предлагается использовать в качестве активной основы полимеры с полярными группами, а именно полиалкил(мет)акрилаты (ПА(М)А).

Основной качественной характеристикой ПТП является высокая молекулярная масса полимерной основы. Известно, что чем больше значение молекулярной массы, тем больше противотурбулентный эффект, и тем меньшая концентрация полимера необходима для достижения наибольшей степени снижения гидродинамического сопротивления.

В рамках данной работы методом эмульсионной полимеризации в водной среде нами был получен ряд образцов присадок на основе ПА(М)А. Из образцов удаляли влагу высушиванием при температуре 100 – 120 °С, определяли массовую долю полимера в присадке (40 %) и его молекулярную массу вискозиметрическим методом с использованием уравнения Марка-Куна-Хаувинка. Значения молекулярных масс варьировались в пределах 1,8 – 8 млн, что косвенно доказывает возможность применения полиалкил(мет)акрилатных присадок суспензионного типа в качестве агентов снижения гидродинамического сопротивления.

Следует отметить, что ПТП на основе ПА(М)А высокой молекулярной массы в промышленности не выпускаются. Таким образом, разработка и внедрение такой присадки является перспективным направлением.

УДК 547.333: 542.06

БОЛЬШАКОВА Е.А., ШИРШИН К.К.

ИССЛЕДОВАНИЕ СИНТЕЗА СУРФОМЕРОВ НА ОСНОВЕ N,N-ДИАЛКИЛАМИНОМЕТИЛ(МЕТ)АКРИЛАМИДОВ ПО РЕАКЦИИ МАННИХА

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

Мономеры с сочетанием сильных поверхностно-активных свойств и способности к радикальной полимеризации (сурфимеры) позволяют получать полимеры, перспективные в медицине (системы для доставки лекарств, биосенсоры), нефтедобыче (реагенты для повышения нефтеотдачи) и других областях [1]. Важным классом сурфимеров являются аминосодержащие (мет)акриловые мономеры, имеющие гидрофобный n-алкильный заместитель при аминном азоте.

Целью данной работы было исследование синтеза N-диалкиламинометил(мет)акриламида по реакции Манниха взаимодействием (мет)акриламида, формальдегида и вторичных аминов (N,N-дибутиламина и N,N-диоктиламина) в водной среде в отсутствие кислот и ПАВ. Контроль за протеканием основной и побочных реакций (гидролиза (мет)акриламида, образованием метилольных производных (мет)акриламида) осуществлялся методами газовой и жидкостной хроматографии. Схема реакции представлена на рис. 1.

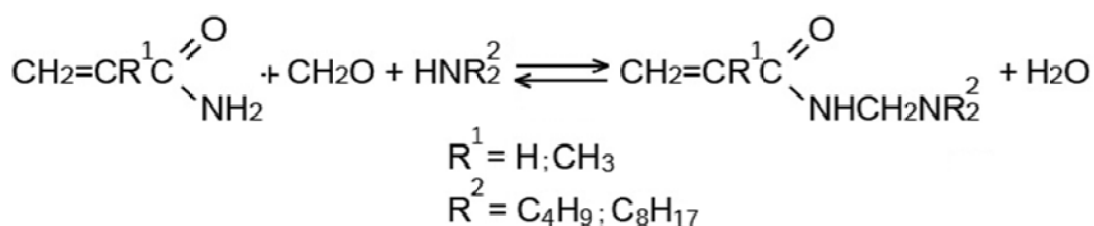


Рис. 1. Схема синтеза N,N-диалкиламинометил(мет)акриламида по реакции Манниха

Выявлено, что выход N,N-диалкиламинометил(мет)акриламида зависит от порядка загрузки трех исходных реагентов. Так, при введении N,N-диалкиламина вместо (мет)акриламида в качестве первого компонента наблюдалось значительное увеличение выхода аминамида.

Поскольку реакция является равновесной, также было определено влияние соотношения реагентов и температуры на выход аминсодержащих (мет)акриламида. Установлено, что повышение температуры снижает выход целевого продукта за счет протекания побочного процесса присоединения N,N-диалкиламина к (мет)акриlamиду по кратным С=С-связям. При увеличении избытка (мет)акриламида в исходной системе наблюдается возрастание равновесной конверсии реакции.

1. Kaczorowski, M. Reactive surfactants – chemistry and applications Part I. Polymerizable surfactants / M. Kaczorowski, G. Rokicki // Polimery. – 2016. – Vol. 11-12. – P. 747–757.

УДК 620.193

ГАЛКИН Р.В.¹, КАЛИНИНА А.А.², ЧУМАКОВ В.И.¹, НАУМОВ В.И.²

КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ ЦИНК И ЦИНК-АЛЮМИНИЕВЫХ ЛАМЕЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ В УСЛОВИЯХ СОЛЯНОГО ТУМАНА И БИОКОРРОЗИИ

ООО «Химсинтез», г. Дзержинск¹,
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева²

Термически отверждаемые цинк-ламельные покрытия сочетают в себе достоинства антикоррозийной защиты с помощью протектора – цинка и барьерными свойствами лакокрасочных материалов. Это обеспечивает высокую защитную стойкость сталей в камере соляного тумана при значительно меньшей толщине в 5-6 раз, чем гальванические покрытия той же антикоррозийной стойкости при полном исключении эффекта наводораживания и отсутствие необходимости в пассивации покрытий. Подобные покрытия в условиях биокоррозии не были исследованы как в нашей стране, так и за рубежом.

В работе были использованы следующие покрытия, имеющие аббревиатуру:

1. Zn-AT - однослойное неорганическое цинк-ламельное покрытие, содержание цинка ~90%. Толщина 10-15 мкм. Содержит добавку Al ($\leq 7\%$);
2. Zn-ATF - однослойное неорганическое цинк-ламельное покрытие с добавлением фторопласта (~5%), содержание цинка ~85%. Толщина 10-15 мкм. Содержит добавку Al, что и Zn-AT;
3. Zn-AT+F - двухслойное покрытие, состоящее из базы Zn-AT и топового алюминий-ламельного органического (эпоксидного) покрытия, содержащего тефлон. Толщина 17-25 мкм. Содержание Al в топе ~20%, остальное связующее и тефлон;
4. Zn-ATF + F - двухслойное покрытие, состоящее из базы Zn-AT и топового алюминий-ламельного органического (эпоксидного) покрытия, содержащего тефлон. Толщина 17-25 мкм. Содержание Al в топе ~20%, остальное связующее и тефлон.

Данные по защитной способности данных покрытий на низкоуглеродистой стали в камере соляного тумана (5 % NaCl) до появления красной коррозии приведены в табл. 1.

Таблица 1

Покрытие	Защитная способность покрытий, час.	Покрытие	Защитная способность покрытий, час.
Zn-AT	1500	Zn-AT+F	> 4000
Zn-ATF	1300	Zn-ATF + F	> 4000

Коррозионная стойкость низкоуглеродистых сталей под воздействием бактерий *Bacillus subtilis*, вырабатывающих в процессе жизнедеятельности коррозионно-активные метаболиты (O_2 , OH⁻, пероксид водорода), крайне низка и составляет до появления признаков красной коррозии не более 20 часов.

Нанесенные на сталь все перечисленные выше используемые нами покрытия не обнаруживают признаков появления красной коррозии сталей в течение более 1500 часов. В качестве примера на рисунке ниже приведены фотографии исходных образцов, покрытых Zn-ATF + F, и подвергнутых испытаниям в среде бактерий *Bacillus subtilis*.

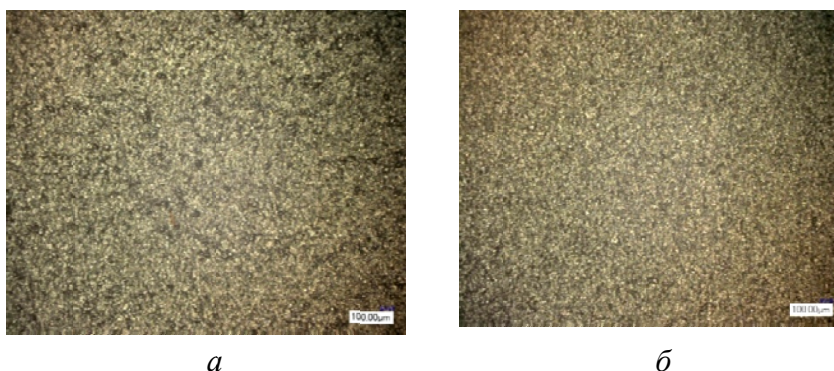


Рис. 1. Микрофотографии поверхности покрытий Zn-ATF + F:

а – исходный образец;

б – образец спустя 1500 часов экспозиции под воздействием бактерий *Bacillus subtilis*

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-33-01003/18.

УДК 621.357

ГОЛИКОВА В.В., КОЗИНА О.Л.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ДОБАВОК НА ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЕ СПЛАВА МЕДЬ-ЦИНК

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексева

Медно-цинковые сплавы одни из первых нашли свое применение в качестве гальванического покрытия, наиболее распространённым из них является желтая латунь (50-80 % Cu). Она обладает привлекательным внешним видом, соответственно может использоваться как декоративное покрытие, а также в качестве подслоя, с целью улучшения адгезионных свойств.

Существует большое количество электролитов для электроосаждения латуни, которые условно делятся на 2 группы: цианистые и бесцианистые. В настоящее время является приоритетным направлением разработка и усовершенствование бесцианистых электролитов, вследствие того, что они не являются токсичными, в отличие от цианистых. Основная проблема в бесцианистых электролитах следующая: низкая рассеивающая способность, которая влияет на состав покрытия, сказывается на его внешнем виде, а также небольшой интервал рабочих плотностей тока, в котором можно получить качественное гальваническое покрытие.

Целью данной работы было расширение областей плотности тока для получения желтой латуни.

Для сближения потенциалов осаждения меди и цинка в бесцианистых электролитах используются различные лиганды.

В качестве базового электролита для получения латунного покрытия нами был выбран раствор следующего состава: CuSO_4 – 2 г/л; ZnSO_4 – 50 г/л; пирофосфат калия – 275 г/л; pH – 7,0-8,5; $J = 0,3-1$ А/дм²; t-комн. Данный электролит стабилен в работе, применяется на производстве и рекомендован в ГОСТ 9.305-84 .

При нанесении сплава Cu-Zn гальваническим способом состав покрытия существенно зависит от применяемой плотности тока. Качественно проконтролировать состав латунного покрытия можно по внешнему виду детали.

Изучение рассеивающей способности и внешнего вида покрытия электролита проводилось в ячейке Хулла. В качестве улучшающих добавок были исследованы следующие: ПЭПА, янтарная кислота, АЛМ-10. В базовом электролите (без добавок) в области средних

плотностей тока наблюдается равномерное покрытие желтого цвета, в области высоких плотностей тока покрытие темного цвета, в области низких плотностей тока заметно возрастает доля меди в покрытии и цвет осадка становится красноватым. С добавлением ПЭПА в базовый электролит наблюдалось значительное увеличение содержания меди в покрытии во всем диапазоне плотностей тока.

При совместном присутствии в базовом электролите АЛМ-10 и янтарной кислоты наблюдается расширение диапазона плотностей тока до 3 А/дм^2 с получением латуни желтого цвета в районе высоких областей тока, по сравнению с базовым электролитом, который работает до $1,5 \text{ А/дм}^2$.

УДК 66.094.39

ЕСИПОВИЧ А.Л., КАНАКОВ Е.А., МИРОНОВА В.Ю., РЫБКИН П.А., БЕЛОУСОВ А.С.

ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ TS-1 В ПРОЦЕССЕ ЭПОКСИДИРОВАНИЯ МЭЖК В СРЕДЕ МЕТАНОЛА И АЦЕТОНИТРИЛА

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

Природа растворителя оказывает большое влияние на скорость многих химических реакций, протекающих в жидкой фазе. Одним из классических примеров такого влияния является эпоксидование ненасыщенных органических субстратов пероксидом водорода в присутствии гетерогенного катализатора TS-1. Установленным фактом является то, что использование полярных растворителей, являющихся донорами водородных связей (в частности, метанола), позволяет достигать высокого выхода продукта в процессе эпоксибования олефинов (пропилена, 1-гексена, 1-октена и др.).

В данной работе была исследована каталитическая активность катализатора TS-1 в процессе эпоксибования метиловых эфиров жирных кислот (МЭЖК) в среде метанола – растворителя, являющегося донором водородных связей (растворитель-ДВС), и ацетонитрила – растворителя, не являющегося донором водородных связей (растворитель-НДВС). Процесс проводили на лабораторной установке периодического действия. В реактор загружали МЭЖК, пероксид водорода и растворитель и смесь нагревали до температуры $50 \text{ }^\circ\text{C}$. При достижении данной температуры к смеси добавляли навеску катализатора (15 г/л) и фиксировали время начала реакции. Было установлено, что после 6 ч проведения процесса в среде метанола конверсия МЭЖК и селективность образования эпоксидов составили 26.2% и 20.9% соответственно, а в среде ацетонитрила – 76.7% и 61.4% соответственно.

Окисление объемных субстратов, таких как МЭЖК, протекает преимущественно на внешней поверхности катализатора TS-1. При этом внешняя поверхность TS-1 из-за наличия большого количества концевых групп Ti-OH и Si-OH характеризуется значительно большей гидрофильностью по сравнению с поверхностью в порах и каналах. В растворителе-НДВС возможно образование только координационного комплекса TS-1+H₂O (I, рис. 1). В отличие от комплекса с протонным растворителем данный комплекс имеет более сильный электрофильный характер, в результате чего легче образуется на гидрофильной внешней поверхности катализатора TS-1 и характеризуются более высокой активностью. Кроме того, слабоосновные молекулы ацетонитрила способны связывать кислотные центры Бренстеда внешней поверхности катализатора (II, рис.1), в результате чего снижается степень гидролиза эпоксидов. При окислении объемных молекул МЭЖК за счет стерических затруднений и ограниченной десорбции продуктов реакции и образования продуктов осмоления происходит блокирование пор цеолита. В результате чего доступной остается только внешняя поверхность. Образование комплекса TS-1+растворитель-ДВС (рис. 1, III) происходит преимущественно на гидрофобной поверхности пор катализатора. Таким образом, в среде метанола катализатор быстро дезактивируется и не проявляет каталитической активности.

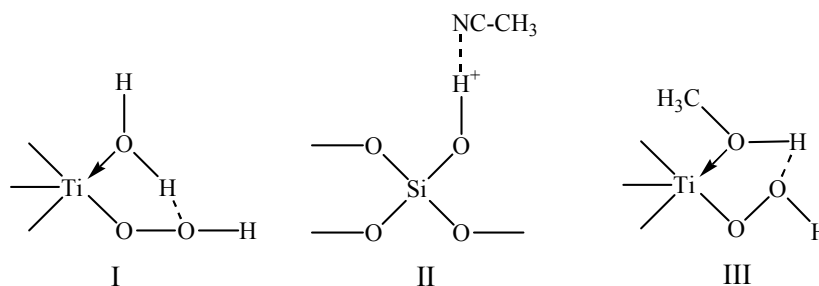


Рис. 1. Образование комплекса TS-1+H₂O (I), связывание кислотных центров Бренстеда молекулами ацетонитрила (II) и образование комплекса TS-1+растворитель-ДВС (III)

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-33-00550.

УДК 547.426.1:544.431.2

ЗАВРАЖНОВ С.А., ЗЛОБИН С.Ю., ОТОПКОВА К.В., БЕЛОУСОВ А.С.

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИЧЕСКИХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПРОЦЕССА ПРЕВРАЩЕНИЯ ГЛИЦЕРИНА В МОЛОЧНУЮ КИСЛОТУ В ЩЕЛОЧНОЙ СРЕДЕ

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

Молочная кислота (МК) широко используется в пищевой, косметической промышленности, а также является перспективным сырьем для получения биорезорбируемых полимерных материалов, находящих применение в упаковке и медицине. Одним из способов получения МК может выступить технология переработки глицерина, образующегося в больших количествах при производстве биодизеля и требующего утилизации.

В настоящей работе были исследованы кинетика и механизм реакции превращения глицерина в МК в щелочной среде в отсутствие гетерогенных катализаторов. В дальнейшем полученные результаты могут быть учтены при изучении кинетики каталитических процессов.

Кинетические эксперименты осуществляли в интервале температур от 453 до 513 К. Обработка данных проводилась с использованием метода Рунге-Кутты в продукте MATLAB, при расчете констант выбирался минимум отклонения суммы квадратов расчетных значений концентраций от экспериментальных. Анализ реакционной смеси проводился методами ВЭЖХ и ГХ-МС с отбором проб через заданные промежутки времени.

Исходя из результатов кинетических экспериментов с варьированием начального соотношения исходных и промежуточных продуктов предложена схема процесса. Установлено, что процесс образования МК происходит через дегидрирование глицерина **1** до 2,3-дигидроксипропаналя **2** (лимитирующая стадия), который подвергается дегидратации и перегруппировке через 2-гидроксипроп-2-еналь **3** в 2-оксопропаналя **4**. Последний вступает в реакцию Канницарро с образованием МК **5**. Побочными продуктами являются образующиеся из **3**, **4** 1,2-пропандиол **6**, а также из **5** уксусная **7** и муравьиная **8** кислоты (рис. 1).

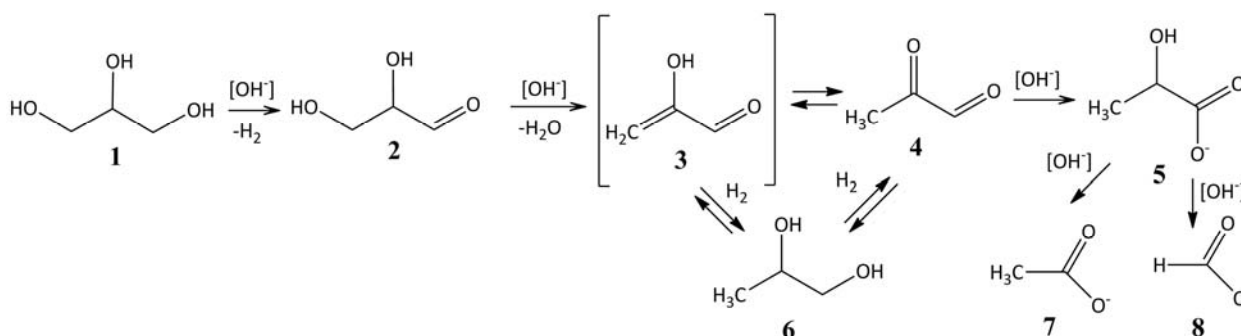


Рис. 1. Предложенная схема процесса

Определены кинетические параметры, энергии активации и константы скорости на каждой из стадий. Оценка адекватности кинетической модели проводилась с помощью критерия Фишера. Отклонение расчетных значений концентраций от экспериментальных составило менее 15 %.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-33-00159.

УДК 66.094.39

ЗАГУМЕННОВА Д.В., ЕСИПОВИЧ А.Л., КАНАКОВ Е.А., МИРОНОВА В.Ю.

ИССЛЕДОВАНИЕ АКТИВНОСТИ ТИТАН-СОДЕРЖАЩИХ ЦЕОЛИТОВ В ПРОЦЕССЕ ЭПОКСИДИРОВАНИЯ МЭЖК

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

Для производства различных химических веществ значительный интерес представляет возобновляемое сырье, такое как растительные масла и животные жиры. Растительные масла представляют собой один из самых дешевых и распространенных исходных материалов, имеющих такие преимущества как низкая токсичность и биоразлагаемость. Одно из самых востребованных применений жиров и масел является переработка их в метиловые эфиры жирных кислот (МЭЖК), которые в свою очередь могут быть превращены в эпоксицированные эфиры, используемых как пластификаторы и стабилизаторы ПВХ, промежуточные продукты при производстве полиуретана, различных смазывающих материалов.

Особое значение в промышленности имеет использование TS-1 в качестве катализатора в реакциях окисления с перекисью водорода, такие как гидроксигирование ароматических соединений, окисление углеводов и терпенов, окисление спиртов, реакции эпоксицирования и др. Однако применение TS-1 ограничено размером молекул субстрата. Поэтому синтез широкопористых титан-содержащих цеолитов для окисления объемных молекул, таких как метиловые эфиры жирных кислот, является актуальной задачей.

В данной работе были приготовлены титан-содержащие цеолиты Beta, Y и ZSM. Проведено сравнение их каталитической активности с цеолитом TS-1 в реакции эпоксицирования МЭЖК. Исходные цеолиты деалюминировали азотной кислотой в течение 24 часов, затем сушили и полученный порошок смешивали с титаноцен дихлоридом таким образом, чтобы содержание Ti в катализаторе составляло 5% (масс.), и прокаливали в течение 8 ч при 550 °С. Каталитические испытания приготовленных цеолитов проводили в реакторе с рубашкой и обратным холодильником при 50 °С в течение 4 ч (содержание МЭЖК в реакционной массе – 1% (масс.), мольное соотношение МЭЖК:H₂O₂=1:8, содержание катализатора – 15.5 г/л, растворитель – ацетонитрил. Для определения концентрации МЭЖК и продуктов эпоксицирования МЭЖК реакционная смесь анализировалась при помощи газожидкостной хроматографии. Остаточное содержание пероксида водорода в реакционной массе определялось титриметрически с помощью стандартизированных методик. Экспериментальные данные представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты экспериментов эпоксицирования в присутствии Ti-содержащих цеолитов

Катализатор	Конверсия эфиров с двойными связями, %	Селективность по эпоксидам, %
TS-1	73,58	74,15
Ti-Beta	75,59	21,17
Ti-Y	98,09	45,86
Ti-ZSM	7,29	26,89

Как видно из табл. 1, реакция эпоксицирования в присутствии цеолита структуры MFI (Ti-ZSM-5) с размером пор 5-7 Å практически не протекает. При этом цеолит структуры Faujasite (Ti-Y) с наибольшим диаметром пор и каналов (6,9-11,9 Å) обеспечил максимальную конверсию МЭЖК. Однако более высокая кислотность поверхности цеолита Ti-Y не позволила достичь высокой селективности образования эпоксидов, за счет протекания побочных реакций расщипления МЭЖК по двойным связям и гидролиза эпоксидов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-33-00550.

УДК 541.64

КАМОРИН Д.М., КОРОТАЕВ М.С., ЗАРУБИНА И.С., БАРИНОВ А.А.

СИНТЕЗ И ТЕРМОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА СОПОЛИМЕРОВ НА ОСНОВЕ АМИНОСОДЕРЖАЩИХ N-ЗАМЕЩЕННЫХ АКРИЛАМИДОВ

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

Работа связана с синтезом и изучением свойств термочувствительных полимеров, демонстрирующих обратимый фазовый переход в водных растворах при изменении температуры окружающей среды. Одним из основных методов влияния на температуру фазового перехода (Тфп) термочувствительных полимеров является введение в полимерную цепочку термочувствительного полимера звеньев сомономеров. Целью работы было исследование влияния природы растворителей на композиционную неоднородность сополимеров N-[3-(диэтиламино)пропил]метакриламида (ДЭАПМА) с акриламидом (АА) и трет-бутилакриламидом (тБАА), а также оценка влияния состава сополимеров на Тфп.

Сополимеризацию проводили при температуре 70 °С в изопропиловом спирте (ИПС) и воде для пары ДЭАПМА-АА и в ИПС и диметилформамиде (ДМФА) в случае ситемы ДЭАПМА-тБАА при начальном мольном соотношении мономеров 1:1 и суммарной доле сомономеров в реакционной смеси 20% масс. В ходе экспериментов методом газовой хроматографии определяли текущие концентрации непрореагировавших мономеров, на основе чего вычислялись составы образующихся сополимеров. Примеры изменения средних составов сополимеров по мере протекания реакции показаны на рис. 1.

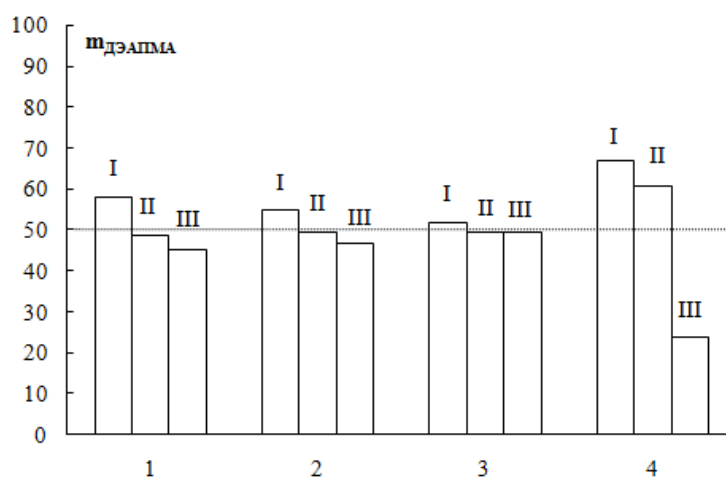


Рис. 1. Влияние растворителя на средний состав сополимеров полученных при исходном соотношении мономеров 1:1:

1 – ДЭАПМА-тБАА в ДМФА; 2 – ДЭАПМА-тБАА в ИПС, 3 – ДЭАПМА-АА в ИПС; 4 – ДЭАПМА-АА в воде. Интервалы конверсии, %: 0-33 (I), 33-66 (II), 66-100 (III)

Во всех опытах полимер, образующийся в начале синтеза, обогащен звеньями ДЭ-

АПМА по сравнению с исходным составом мономеров. В целом видно, что для пары ДЭ-АПМА-тБАА влияние растворителя на композиционную неоднородность значительно ниже чем для пары ДЭАПМА-АА. Показана (табл. 1) высокая степень влияния растворителя на температуры фазовых переходов полученных сополимеров.

Таблица 1

$T_{\text{фн}}$ сополимеров ДЭАПМА с АА и тБАА в водных растворах

Концентрация %, масс.	Растворитель			
	ПМА:АА		ПМА:т-БАА	
	Вода	ИПС	ДМФА	ИПС
0,1	54,2	-	65,8	28,1
0,25	51,2	-	22,1	25,0
0,5	41,6	72,6	19,0	18,7
1	38,9	66,7	17,9	17,3

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках научного проекта № 18-33-00576 мол. а.

УДК 541.64

КАШУРИН В.С., СЕСИНА Н.А., ЗАРУБИНА И.С., КОРОТАЕВ М.С.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВ ГИДРОГЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ АМИНОСОДЕРЖАЩИХ (МЕТ)АКРИЛОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ

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

Описывается сравнение сополимеров 2-(N,N-диметиламино)этилметакрилата (ДМАЭМ) с акриламидом (АА) и третбутилакриламидом (т-БАА) с долей АА и т-БАА в сополимере 5% мольных. Исследовано поведение гидрогелей в водных растворах в широком интервале температур. 2-(N,N-диметиламино)этилметакрилат – промышленный аминоксодержащий метакриловый мономер, в настоящее время активно используемый при производстве полимерных флокулянтов, в целлюлозно-бумажной промышленности и в качестве присадок к нефтяным маслам. Водорастворимые дифильные полимеры ДМАЭМ находят применение как «умные» стимулчувствительные материалы. На практике полиДМАЭМ часто применяют в виде гидрогели – это трехмерные сшитые полимерные сетки, которые могут сорбировать растворитель, увеличивая при этом свой объем, то есть набухать. В данной работе рассматриваются гидрогели на основе сополимеров ДМАЭМ с введенными гидрофильным звеньями АА и гидрофобным звеньями т-БАА. Установлено влияние температуры и состава геля на его степень набухания.

Сополимеризацию проводили при температуре 10 °С в воде и концентрацией ДМАЭМ 50% масс., с долей сомономеров 5% мольных. Для сшивки синтезируемого полимера вводился метиленбисакриламид в количестве 1% масс. от ДМАЭМ. Степень набухания полимера рассчитывали по формуле:

$$\alpha = \frac{m - m_0}{m_0},$$

где α – степень набухания гидрогеля; m – масса гидрогеля в исследуемой среде; m_0 – масса исходного гидрогеля

Было установлено, что гидрогель с АА в водной среде имеет большую степень набухания, чем с т-БАА (рис. 1). Повышение температуры приводило к коллапсу гидрогеля в обоих случаях (рис. 2).

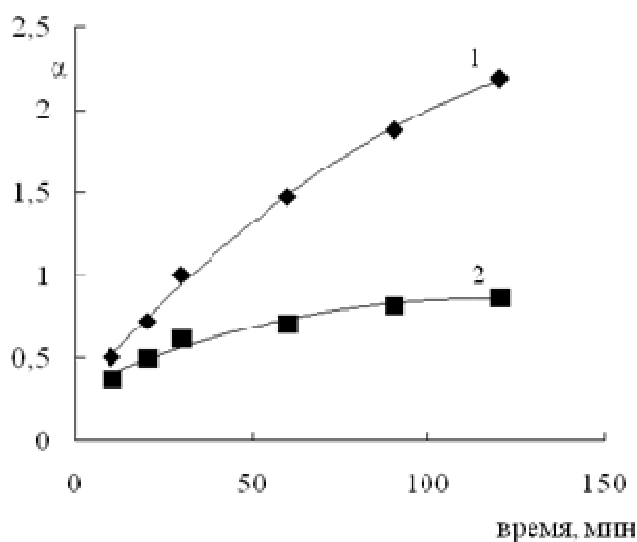


Рис. 1. Зависимость степени набухания гидрогеля от времени при 40 °С:
1 – ДДМАЭМ:АА; 2 – ДМАЭМ:Т-БАА

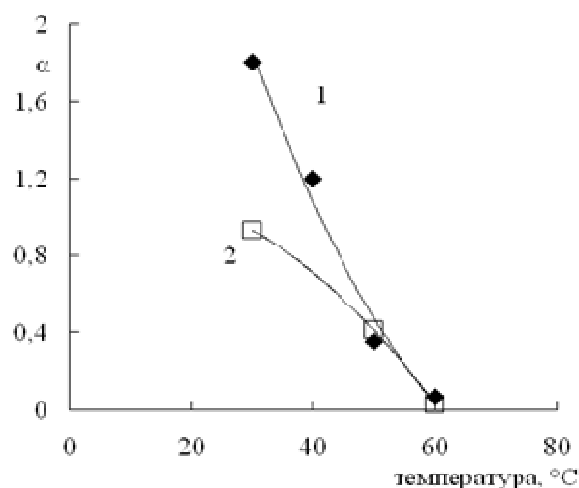


Рис. 2. Зависимость степени набухания гидрогелей от температуры:
1 – ДДМАЭМ:АА; 2 – ДМАЭМ:Т-БАА

УДК 66.048.3-986

КОНДРАЩИНА К.А., ТРУБЯНОВ М.М., ШАБЛЫКИН Д.Н., ВОРОТЫНЦЕВ И.В.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТЕРМОДИНАМИКИ ФАЗОВОГО РАВНОВЕСИЯ В РАЗБАВЛЕННЫХ РАСТВОРАХ НА ОСНОВЕ АММИАКА ПРИ РЕКТИФИКАЦИИ ХЛАДАГЕНТА R717

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Природный хладагент R717 (аммиак чистотой от 99.994%) - ключевой компонент передовых систем терморегулирования крупногабаритных конструкций космических летательных аппаратов нового поколения, а также активно приходит на замену выводимым из обращения синтетическим фреонам в промышленном холодильном секторе (фармацевтические производства, холодные склады, спортивные объекты). От содержания широкого круга примесей в хладагенте напрямую зависит долговечность, надежность и характеристики работы охлаждающих систем, что критически важно в современных космических приложениях. Для глубокой очистки технического синтетического аммиака высочайшую актуальность приобретает применение метода ректификации при повышенном давлении, благодаря возможности снижения энергоемкости процесса в области выше температуры кипения аммиака [1]. Изменение температуры проведения ректификации требует оценки поведения фазового равновесия в системах аммиак-примесь для случая малых содержаний примесного компонента.

В настоящей работе проведена как аналитическая обработка имеющихся литературных данных по фазовому равновесию в разбавленных растворах аммиака, так и экспериментальное определение температурной зависимости коэффициента распределения жидкость-пар для различных примесных компонентов (вода, метан, этан, ацетилен, пропан, пропилен, бутан, метанол, водород, азот, монооксид углерода). Экспериментальное определение следовых количеств примесных компонентов в паровой и жидкой фазе проводили с помощью оригинальной методики газохроматографического анализа высокочистого аммиака [2]. Анализ полученных данных показывает, что изменение коэффициента распределения α с изменением температуры в области $<0.9T_c$ (T_c – критическая температура аммиака) хорошо аппроксимируется линейной зависимостью в соответствии с уравнением $\ln \alpha = A + BT^{-1}$, где A и B – независимые от температуры константы. Установлено, что для исследуемых систем в области малых концентраций примесного компонента коэффициент распределения жидкость-пар

монотонно уменьшается с увеличением температуры (давления) и стремится к единице при приближении температуры к критической (T_c). Проведено моделирование ряда систем на основе аммиака с использованием термодинамических моделей Peng-Robinson, NRTL, UNIFAC, UNIQUAC и сравнение с экспериментальными данными. Полученные данные свидетельствуют о возможности применения ректификации при повышенном давлении для глубокой очистки аммиака с учетом термодинамики фазового равновесия и кинетики массопередачи в области выше точки кипения аммиака.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Президента РФ МК-2924.2017.8, а также РФФИ в рамках научного проекта № 16-38-60174 мол_a_дк.

Библиографический список

1. Trubyanov, M.M. et al. // Sep. Pur. Tech. – 2014. – V. 135. – P. 117–126.
2. Trubyanov, M.M. et al. // J. Chrom. A. – 2016. – V. 1447. – P. 129–134.

УДК 543.054.2/9

КУЗНЕЦОВА А.С., МОЧАЛОВ Г.М.

КОНТРОЛЬ СОСТАВА ЭКСИМЕРНЫХ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время лазерные технологии широко используются в разнообразных сферах деятельности человека. Для реализации различных задач разработано множество видов лазеров. Так, в микроэлектронике и лазерной хирургии используют эксимерные лазеры в том случае, когда требуется мощное ультрафиолетовое излучение при минимальном рассеянии луча.

Рабочей средой для эксимерных лазеров являются смеси различных газов. Существуют большое разнообразие эксимерных смесей, чтобы получать необходимую длину волны, лежащую в ультрафиолетовом диапазоне. В состав эксимерных смесей входят инертные газы, галогены и галогенсодержащие соединения. Например, в качестве основного компонента используются гелий или неон, а в качестве активных компонентов фтор или хлорид водорода с криптоном или ксеноном.

В зависимости от состава эксимерной смеси лазер генерирует определённую длину волны и для разных моделей эксимерных лазеров необходима смесь со своим уникальным составом. В связи с этим необходим контроль состава эксимерной смеси, поскольку отклонение состава от допустимого влияет как на работоспособность лазера, так и на срок его службы. В результате обзора литературных данных сведений о методах контроля состава галогенсодержащих эксимерных смесей не обнаружено, поэтому существует необходимость в разработке методов контроля состава таких эксимерных газовых смесей. Присутствие в составе этих смесей фтора или хлорида водорода существенно затрудняет аналитическое определение их из-за высокой реакционной способности. Кроме того фтор и хлорид водорода токсичны, поэтому при разработке метода контроля был учтен фактор экологической безопасности.

В настоящей работе разработаны методы контроля состава эксимерных газовых смесей на содержание фтора и хлорид водорода.

Смеси, которые содержат фтор, анализировали с помощью дозированной подачи фторсодержащей смеси газов в реактор с йодидом калия и последующим йодометрическим титрованием.

Для определения концентрации хлорида водорода в эксимерной смеси сначала отбирали дозу газа и обрабатывали её специально подготовленной водой для растворения хлорида водорода. В дальнейшем раствор подвергали кислотнo-основному титрованию. При этом емкость для дозирования и обработки водой газовой смеси, содержащей хлорид водорода, должна быть изготовлена из материала, устойчивого как к самому хлориду водорода, так и к его водному раствору. В связи с этим была исследована устойчивость лабораторного стекла, полиэтилена и нержавеющей стали к водному раствору хлорида водорода малой концентрации.

Проведено сравнение статического и динамического способа обработки водой газовой смеси. Показано, что каждый метод имеет свои достоинства и недостатки и выбор зависит от конкретных условий анализа.

УДК 542.06

МАКАРОВ Д.А., ВОРОТЫНЦЕВ А.В., ПЕТУХОВ А.Н.

СИНТЕЗ, СВОЙСТВА И МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ ИОННО-ОБМЕННЫХ СМОЛ-ПРОИЗВОДНЫХ 2-МЕТИЛ-5-ВИНИЛПИРИДИНА В РЕАКЦИИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО ДИСПРОПОРЦИОНИРОВАНИЯ ТРИХЛОРСИЛАНА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Основным способом получения поликристаллического кремния, который используется для создания вычислительных чипов, является Сименс-процесс. Он имеет несколько недостатков, в том числе: высокую энергоёмкость, высокий класс опасности, необходимость больших капитальных вложений для создания производства, трудности в получении кремния высокой степени чистоты [1]. Альтернативой данному методу получения кремния является синтез силана каталитическим диспропорционированием трихлорсилана и дальнейшее температурное разложение первого для получения кремния, пригодного для использования в электронной промышленности [2].

В данной работе была синтезирована серия катализаторов диспропорционирования трихлорсилана на основе 2-метил-5-винилпиридина, полученные катализаторы были охарактеризованы различными физико-химическими методами, а также изучена их активность в реакции диспропорционирования трихлорсилана.

Катализаторы в виде белых шариков диаметром около 0.5 мкм были получены методом радикальной суспензионной полимеризации с использованием дивинилбензола в качестве сшивающего агента и смеси толуола и гептана в качестве порогенов. Наличие в полученных катализаторах 2-метил-пиридинных фрагментов было подтверждено методом Фурье-ИК-спектроскопии. Средний диаметр пор и удельная поверхность были определены методом БЭТ. Морфология поверхности катализаторов была изучена методом SEM.

С помощью метода термо-программируемой десорбции было установлено, что полученные катализаторы обладают большей термостабильностью, чем используемые в промышленности Amberlyst A-21 (160 °С против 100 °С).

Была изучена кинетика реакции диспропорционирования трихлорсилана в проточном режиме с использованием в качестве катализатора образца, показавшего наибольшую активность и конверсию трихлорсилана в эксперименте в близких к равновесию условиях.

Было установлено, что реакция протекает в кинетической области, порядок реакции по трихлорсилану равен 1. Энергия активации реакции составила 24.1 ± 0.7 кДж/моль. Было установлено, что лимитирующей стадией реакции является десорбция тетрахлорсилана, причем десорбция тетрахлорсилана с активных центров полученного катализатора протекает легче, чем с активных центров смолы Amberlyst A-21, чем, по-видимому, и объясняется большая каталитическая активность полученного катализатора.

Был предложен механизм протекания реакции, включающий стадию атаки трихлорсиланного аниона на комплекс пиридина и трихлорсилана.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-38-60192 мол а дк.

Библиографический список

1. **Braga, A.F.B.** New processes for the production of solar-grade polycrystalline silicon: A review [Текст] / A.F.B. Braga et. al. // Solar Energy Materials and Solar Cells. – 2007. – №. 92 (4). – С. 418-424.
2. Low cost solar array project. Feasibility of the Silane Process for Producing Semiconductor-Grade Silicon [Текст]: отчёт / New York: Union Carbide Corporation, 1979. – 364 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСТВОРИМОСТИ ГАЗОВ В РЯДЕ ЭВТЕКТИЧЕСКИХ СМЕСЕЙ НА ОСНОВЕ 1-БУТИЛ-3-МЕТИЛИМИДОЗОЛИЯ МЕТАНСУЛЬФОНАТА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева¹,
Казанский национальный исследовательский технологический университет²

Методы молекулярного моделирования в настоящее время являются незаменимым инструментом исследования термодинамических и физико-химических свойств различных соединений, зачастую исключая необходимость применения трудоемких экспериментальных методов исследования. Один из подобных методов - теория самосогласованного реактивного поля растворителя (COSMO-RS), которая позволяет рассчитать распределение плотности заряды по поверхности молекулы. На основе данного подхода также возможно оценить полярность различных фрагментов отдельных соединений и их смесей, а также их межмолекулярное взаимодействие.

В данной работе были построены сигма-профили распределения заряда по поверхности молекул для новых эвтектических смесей 1-бутил-3-метилимидозолия метансульфоната ([bmim][MeSO₃]) с соединениями-донорами водородной связи, такими как мочевины, малеиновая, фумаровая и щавелевая кислоты. С практической точки зрения данный ряд эвтектических смесей может представлять интерес для получения абсорбентов аммиака.

Результаты молекулярного моделирования выявили намного большую растворимость аммиака в полученном ряду смесей по сравнению с такими газами, как диоксид углерода и сероводород. Так, значение константы Генри для аммиака в смеси [bmim][MeSO₃]- мочевины составило 1,52 бар. Авторы предполагают, что аммиак способен к взаимодействию с компонентами эвтектической смеси посредством формирования водородных связей. Эвтектические смеси, содержащие дикарбоновые кислоты, обладали большей сорбционной способностью вследствие протекания хемосорбции аммиака. Растворимость газов в абсорбентах была рассчитана методами теоретической химии и верифицирована экспериментально с использованием объемного метода измерения растворимости газов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации МД-4990.2018.3.

ОЦЕНКА СЕЛЕКТИВНОСТИ ГАЗОРАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ МЕМБРАН С ИММОБИЛИЗОВАННЫМИ ИОННЫМИ ЖИДКОСТЯМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МОЛЕКУЛЯРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева¹,
Казанский национальный исследовательский технологический университет²

Одним из перспективных направлений, в рамках которого могут быть использованы микропористые материалы, является мембранная технология разделения газов. В последнее время все большее число работ в области газоразделения посвящается повышению эффективности традиционных сплошных или композиционных мембран путем иммобилизации ионных жидкостей на полимерные подложки. Ионные жидкости представляют собой органические соединения, состоящие из ионов, жидкие при температурах проведения процесса.

В данной работе приводится оценка растворимости газов в абсорбентах, представляющих собой ионные жидкости, основанная на методах молекулярного моделирования с

использованием подхода COSMO-RS (Conductor like Screening Model for Real Solvents). В качестве абсорбентов рассмотрены ионные жидкости 1-бутил-3-метилимидазолия тетрафторборат и 1-бутил-3-метилимидазолия ацетат. Рассчитаны константы Генри для метана, диоксида углерода и сероводорода с последующим определением селективности отделения кислых газов, как показано в табл. 1.

Таблица 1

Расчетные значения растворимости газов и селективность, полученные с использованием метода (T=298.15 K)

ILs	Predicted Henry's law constant (MPa)			Predicted gas solubility (molar fraction)			Predicted selectivities	
	CO ₂	H ₂ S	CH ₄	CO ₂	H ₂ S	CH ₄	CO ₂ /CH ₄	H ₂ S/CH ₄
[bmim][ace]	8.4	6.8	91.6	0.2321	0.6287	0.0407	11	13.5
[bmim][BF ₄]	11.6	8.2	98.2	0.1173	0.5787	0.0285	8.5	12

Проведено сравнение расчетных результатов с экспериментальными данными для оценки адекватности метода COSMO-RS по отношению к ионным жидкостям, осуществляющим транспорт газов в согласии с моделями растворения диффузии или облегченного транспорта.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации МД-4990.2018.3.

УДК 66.094.39

МИРОНОВА В.Ю., ЕСИПОВИЧ А.Л., КАНАКОВ Е.А., ЗАГУМЕННОВА Д.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ АКТИВНОСТИ ПОЛИОКСОМЕТАЛЛАТОВ В ПРОЦЕССЕ ЭПОКСИДИРОВАНИЯ МЕТИЛОВЫХ ЭФИРОВ ЖИРНЫХ КИСЛОТ

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

В настоящее время продукты эпексидирования растительных масел и их производных, каких как метиловые эфиры жирных кислот (МЭЖК), используются в качестве эффективных пластификаторов и стабилизаторов различных хлорсодержащих полимеров, добавок в смазочные материалы, компонентов термореактивных смол. Однако традиционным процессом получения эпексидированных продуктов растительного масла или его производным является надкислотная технология, характеризующаяся низкой селективностью и образованием большого количества отходов, высоких энергетических и капитальных затрат. Поэтому разработка нового «зеленого» экономичного технологического процесса эпексидирования является актуальной задачей. В последнее десятилетие проведено множество работ по поиску нового эффективного катализатора для данного процесса, позволяющего использовать в качестве «зеленого» окислителя пероксидводорода. Среди таких катализаторов чаще всего предлагают: ионообменные смолы, полиоксометаллаты, катализаторы на основе рения, титансодержащие катализаторы и ферменты.

По нашему мнению, полиоксометаллаты и их соли являются наиболее перспективными, так как они могут катализировать процесс эпексидирования пероксидом водорода и легко синтезируются при минимальных денежных затратах.

Эксперименты проводились в реакторе с рубашкой и обратным холодильником при перемешивании. Условия синтеза: массовая доля МЭЖК – 1%, температура – 50 °С, мольное соотношение МЭЖК:H₂O₂=1:8, содержание катализатора – 15.5 г/л, время – 4 ч, растворитель ацетонитрил. Для определения концентрации МЭЖК и продуктов эпексидирования МЭЖК реакционная смесь анализировалась при помощи газожидкостной хроматографии. Для качественного определения побочных продуктов использовали масс-спектрометрию. Остаточное содержание перекиси водорода в реакционной массе определялось титриметри-

чески с помощью стандартизированных методик. В качестве катализаторов использовали фосфорномолибденовую, фосфорновольфрамовую и кремнемолибденовую кислоты и их солями с четвертичным аммониевым основанием (N-децил-N,N,N-триметиламмония бромид - ДТМАБ). Результаты проведенных экспериментов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты экспериментов эпоксирирования в присутствии полиоксометаллатов

Катализатор	Конверсия эфиров с двойными связями, %	Селективность по эпоксидам, %
Кремневольфрамовая к-та	50,18	0,88
Фосфорномолибденовая к-та	95,84	0,52
Фосфорновольфрамовая к-та	56,23	0,34
ДТМАБ+ Кремневольфрамовая к-та	33,28	3,59
ДТМАБ+ Фосфорномолибденовая к-та	52,42	7,40
ДТМАБ+ Фосфорновольфрамовая к-та	99,12	87,10

Масс-спектрометрия показала, что в реакции эпоксирирования с полиоксометаллатами происходит расщепление МЭЖ по двойным связям с образованием нананового альдегида и метилового эфира 9-оксоновой кислоты, что это связано с сильной кислотностью катализаторов. В случае с солью ДТМАБ и фосфорновольфрамовой кислоты реакция протекает преимущественно с образованием эпоксирированных МЭЖ, благодаря снижению кислотности катализатора.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-33-00550.

УДК 547.39

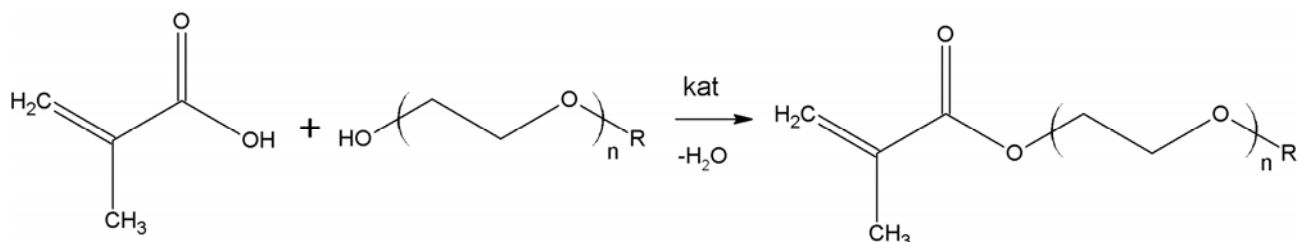
ОЖОГИН С.А.¹, САДИКОВ А.Ю.^{1,2}, ОРЕХОВ Д.В.

**РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ МЕТАКРИЛОВЫХ ЭФИРОВ
ОКСИЭТИЛИРОВАННЫХ СПИРТОВ**

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексева¹,
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского²

Алкоксиолиго(этиленгликоль)метакрилаты (АОЭГМА) являются перспективным классом мономеров, полимеры на основе которых находят все большее применение. Наличие метакрилоильного фрагмента позволяет получать полимеры с помощью катионной, анионной, свободнорадикальной, контролируемой радикальной и других вариантов полимеризации. Водорастворимые полимеры, содержащие звенья алкоксиолиго(этиленгликоль)метакрилатов, предложены в качестве загустителей для различных водных систем, например, водосодержащих лакокрасочных материалов, косметических и фармацевтических препаратов, а также в процессах заводнения при добыче нефти. Поэтому разработка способа получения алкоксиолиго(этиленгликоль)метакрилатов является актуальной задачей.

В качестве основного способа получения АОЭГМА был выбран вариант этерификации метакриловой кислоты:



Целью работы было исследование закономерностей получения АОЭГМА, выбор ус-

ловий синтеза и очистки. В качестве исходных реагентов для синтеза были использованы промышленные оксиэтилированные первичные линейные спирты C10-C18. Перед использованием, для контроля состава оксиэтилированных спиртов были сняты спектры ^1H ЯМР и были определены значения гидроксильного числа.

В ходе работы было исследовано влияние условий на кинетику реакции этерификации метакриловой кислоты оксиэтилированными спиртами. Исследования проводились при температуре 60 – 120 °С в массе и в присутствии растворителей. В качестве катализатора использовалась *p*-толуолсульфокислота. В ходе опытов варьировалось количество катализатора, соотношение реагентов, степень оксиэтилирования исходных спиртов и длина углеводородного фрагмента. Полученные данные были описаны с помощью стандартного кинетического уравнением третьего порядка, согласно которому скорость реакции пропорциональна концентрации катализатора, метакриловой кислоты и оксиэтилированного спирта. Были определены температурные зависимости эффективных констант прямой и обратной реакций и рассчитаны термодинамические параметры реакции. Полученные данные были использованы для выбора рецептур синтеза АОЭГМА.

Для смещения равновесия в сторону целевого продукта были использованы начальный избыток метакриловой кислоты и углеводородные растворители, образующие азеотропы с водой. В ходе синтезов образующаяся вода удалялась из зоны реакции. Одной из основных решаемых проблем, наряду с достижением высокой конверсии в целевой реакции, было подавление полимеризации исходных и образующихся мономеров в ходе синтеза. Была подобрана эффективная ингибирующая система.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-33-00989 мол_а.

УДК 547

ОРЕХОВ Д.В.¹, САДИКОВ А.Ю.^{1,2}, ХРУЩЕВ А.Д.¹

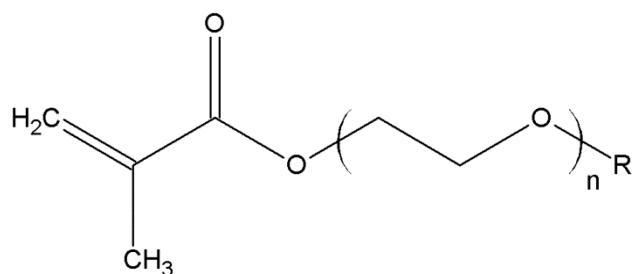
ГРЕБНЕОБРАЗНЫЕ ВОДОРАСТВОРИМЫЕ (МЕТ)АКРИЛОВЫЕ ПОЛИМЕРЫ С ДИФИЛЬНЫМИ БОКОВЫМИ ОТВЕТВЛЕНИЯМИ

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева¹,
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского²

В последние десятилетия были хорошо изучены гидрофобно-модифицированные водорастворимые полимеры, содержащие наряду с гидрофильными звеньями (чаще всего акриламида или (мет)акриловой кислоты) небольшую долю гидрофобных *n*-алкильных фрагментов, обеспечивающих повышение вязкости растворов за счет эффектов ассоциации. Водорастворимые полимеры такого типа находят все более широкое применение в качестве загустителей для различных водных систем, например, водосодержащих лакокрасочных материалов, косметических и фармацевтических препаратов, водно-гликолевых противообледенительных жидкостей (для предполетной обработки самолетов в зимних условиях), а также в процессах заводнения при добыче нефти.

Одним из новых направлений исследований является синтез и изучение свойств гребнеобразных полимеров с еще более сложной структурой – дифильными боковыми ответвлениями. Такие полимеры обладают более ярко выраженными амфифильными свойствами по сравнению с классическими гидрофобно-модифицированными полимерами, поскольку в боковых ответвлениях содержат не только гидрофобные группы, но и фрагменты с сильными гидрофильными свойствами. В результате макромолекулы являются трифильными – они содержат основную гидрофобную углеродную цепь и боковые дифильные ответвления. Исследование направлено на решение научной задачи разработки и систематических исследований полимеров указанного типа на основе новых поверхностно-активных мономеров (сурфомеров) – алкоксиолиго(этиленгликоль)(мет)акрилатов, содержащих варьируемые гидрофиль-

ные олигоэтиленгликолевые фрагменты и гидрофобные концевые линейные и разветвленные алкильные группы. Структурная формула таких мономеров представлена на схеме:



На основе предложенных мономеров методом радикальной осадительной полимеризации были синтезированы водорастворимые дифильно-модифицированные полимеры (мет)акриловой кислоты с различными макромолекулярными характеристиками (состав, молекулярная масса, микроструктура). На основе полученных образцов было определено влияние характеристик синтезированных дифильно-модифицированных сополимеров (мет)акриловой кислоты на интервалы фазовых переходов, конформационные, гидродинамические и реологические свойства водных растворов при различных условиях (концентрация полимеров, температура). На основе полученных данных были выявлены новые перспективные полимерные ассоциативные загустители для различных водных систем.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-33-00989 мол_а.

УДК 541.138.3

ОРЛОВ Д.А., УШАКОВ П.А., БАЧАЕВ А.А.

ПРИЧИНЫ НАРУШЕНИЯ ПАССИВНОГО СОСТОЯНИЯ ТИТАНА В УСЛОВИЯХ МЕМБРАННОГО ЭЛЕКТРОЛИЗА

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева

При получении каустической соды методом мембранного электролиза имеет место коррозия титановой оболочки ячейки на фланцах под уплотнениями.

В условиях ограниченного объема электролита в щелях под уплотнениями происходит разрушение титана по механизму щелевой коррозии. В щелях окислитель расходуется на образование пассивной пленки быстрее, чем он может диффундировать туда из объема раствора. Металл внутри щели растворяется с образованием избытка положительных ионов Ti^{2+} , заряд которых компенсируется миграцией в щель хлорид-ионов. Образующийся в щели хлорид титана неустойчив и склонен к гидролизу с образованием HCl . Эта реакция в условиях крайне ограниченного пространства щели может привести к снижению pH раствора до значений ≤ 1 .

Задачами исследования являлись изучение пассивного состояния технического титана при его нахождении в реальной рабочей среде – растворе анолита, содержащего растворенные хлор, кислород и хлоркислородные соединения; влияние кислотности электролита, в диапазоне используемых значений pH (4,5-3) до значений, реализующихся при локальном закислении анолита в ходе щелевой коррозии ($1 \leq pH < 2$). В предыдущих исследованиях рассматривалось поведение титана в простых однокомпонентных растворах.

В качестве исследуемого электрода использовался титан марки ВТ1-0, который является материалом анодной получаши автономной ячейки электролизера. В ходе эксперимента снимались анодные потенциодинамические поляризационные кривые на титане в растворах, различающихся по составу и величине pH.

Из полученных данных следует, что титан является наиболее коррозионно-устойчивым в свежем растворе анолита при $pH \geq 4,37$. В этом случае реализуются наиболее низкие плотности анодного тока в пассивной области – $0,001 \text{ mA/cm}^2$ при $E = 1000 \text{ мВ}$. Под-

кисление анолита до значений pH 1,82-1,04 приводит к скачкообразному увеличению плотности тока почти в 50 раз. Плотность тока при pH 1,82-1,04 составляет 0,047 мА/см².

В модельном растворе растворённый хлор и хлоркислородные соединения отсутствуют, в качестве окислителя выступает только растворённый кислород воздуха. При pH = 4,37 плотности тока превышают значения, достигнутые в растворах свежего анолита почти в 50 раз (0,042 мА/см²), последние практически соответствуют значениям плотностей тока в растворе анолита после разложения окислителей (0,036 мА/см²), то есть разница в поведении Ti между модельным раствором и выдержанным анолитом мала. Таким образом, снижение содержания окислителей в растворе ($E_{\text{Red/Ox}}$ снижается от 1,35 В до 0,55 В) приводит к возрастанию тока растворения оксидной плёнки TiO₂ и снижению коррозионной стойкости титана.

Склонность титана к щелевой коррозии возрастает с увеличением кислотности электролита. Начавшийся процесс коррозии протекает с самоускорением, обусловленным локальным закислением электролита внутри щели.

Библиографический список

1. **O'Brien, T.F.** Handbook of Chlor-Alkali Technology / O'Brien, T.F., Bommaraju, T.V., Hine, F. – NY: Springer, 2005. Vol. 1-2.
2. **Фокин, М.Н.** Титан и его сплавы в химической промышленности. справочное пособие / Фокин, М.Н., Рускол, Ю.С., Мосолов, А.В. – Л.: Химия, 1978. – 202 с.

УДК 542.934.8

ОТОПКОВА К.В., БЕЛОУСОВ А.С., ЗАВРАЖНОВ С.А., ЗЛОБИН С.Ю.

КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИОКСОМЕТАЛЛАТОВ ДЛЯ НАПРАВЛЕННОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ ГЛИЦЕРИНА

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

В настоящее время резко интенсифицировались исследовательские работы по использованию возобновляемого растительного сырья для получения важных химических продуктов. Одним из перспективных видов такого сырья является глицерин, образующийся в качестве сопутствующего продукта при производстве биодизельного топлива. В настоящее время в результате роста производства биодизеля в странах Южной Америки и Евросоюза на мировом рынке образовался значительный избыток глицерина, что привело к существенному снижению его стоимости и возникновению проблемы его утилизации.

Таким образом, разработка новых высокоэффективных каталитических систем для селективного превращения глицерина является важной актуальной задачей. Перспективным направлением использования избыточного глицерина является его превращение в востребованные продукты органического синтеза – молочную кислоту, акролеин и акриловую кислоту.

Молочная кислота используется в качестве исходного сырья для получения полилактида, находящим применение в качестве биоразлагаемой пищевой упаковки, одноразовой посуды, пакетов, хирургических нитей, имплантатов; экологически безопасных растворителей (алкиллактаты); а также в косметологии, фармацевтике (антисептики, регуляторы кислотности) и пищевой промышленности (эмульгаторы, консервирующие добавки). Акролеин применяется для производства метионина, используемого в качестве кормовой добавки и средств защиты растений. Акриловая кислота используется при производстве суперабсорбентов, лакокрасочных материалов, буровых реагентов, полиакрилонитрильных волокон и акрилатных каучуков, строительных смесей и клеев.

В настоящее время основным фактором, препятствующим использованию технологий переработки глицерина в промышленности, является отсутствие эффективных каталитических систем. Предлагаемые в настоящее время в научной и патентной литературе катализаторы характеризуются либо низкой активностью и требуют жестких условий проведения

процесса, либо быстро дезактивируются. В связи с этим разработка новых эффективных каталитических систем, которые позволят направленно превращать глицерин в востребованные продукты, является актуальной задачей, о чем свидетельствуют активные работы в данном направлении, проводимые во многих ведущих научных центрах разных стран (Arkema, Nippon Shokubai, Nippon Kayaku, DOW Chemical, Evonik, Hitachi Zosen Corporation, Tohoku Electric Power Co., Inc.).

По нашему мнению, полиоксометаллаты за счет своей бифункциональной природы являются наиболее перспективными каталитическими системами для осуществления направленного превращения глицерина в молочную кислоту, акролеин и акриловую кислоту.

При этом важное значение имеет сопоставление природы полиоксометаллатов и их активных центров с направлением превращения глицерина. Другим интересным аспектом данного исследования является возможность регулирования направления превращения исходного сырья с изменением условий проведения процесса при использовании одной каталитической системы.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-33-00159.

УДК 669.054.83

ПЕРЕТРУТОВ А.А., КИМ П.П., ЧУБЕНКО М.Н., ДУБЧАК Д.А.,
ШАШКОВА Е.О., ЛИТОВА Т.В., ИОНОВА А.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СЕЛЕКТИВНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЦИНКА ИЗ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПЫЛИ

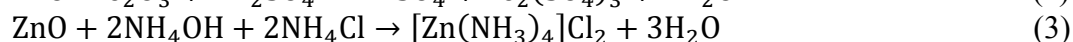
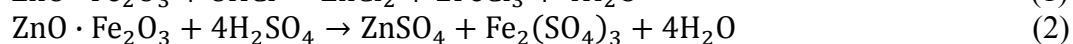
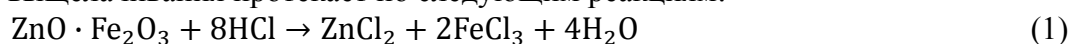
Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Существуют различные способы извлечения ценных металлических компонентов из металлургической пыли, одним из которых является жидкостная экстракция. Под действием экстрагента и в зависимости от природы соединения, содержащиеся в металлургической пыли, целиком или частично переходят в раствор.

Ранее были проведены опыты по определению химического, гранулометрического составов, физико-механических характеристик (пористость, удельная внутренняя поверхность, размеры глобул и пор). Химический состав исследуемой пыли в основном представлен оксидами цинка и железа, и поставленная задача исследования сводилась к достижению их максимальной степени извлечения, без повышения температуры раствора. Нерастворимой частью пыли является SiO₂, растворимой или частично растворимой: ZnO; FeO; Fe₂O₃; CaO; MgO. Использование кислотных экстрагентов приводит к конкурирующим между собой процессам растворения. Извлечение оксида цинка селективно от других соединений, возможно только щелочными экстрагентами, однако полнота извлечения аммиачно-аммонийными растворами ниже чем кислотными [1, 2]. К примеру, за одну стадию обработки при использовании аммиачно-аммонийных экстрагентов извлекается 25-38% цинка, а при использовании кислотных экстрагентов 55-85%.

Процесс выщелачивания цинка и железа проводили в две стадии. Обработку на первой стадии, проводили в мельнице мокрого помола, совмещая размол с извлечением, на второй в реакторе с мешалкой. На первой стадии, в качестве экстрагента, использовали соляную и серную кислоты, на второй эти же кислоты, а также аммиачную воду, содержащую соли аммония. Выщелачивание, на каждой из стадий, проводили в течение 1 часа, при соотношении Т:Ж от 1:3 до 1:10.

Процесс выщелачивания протекает по следующим реакциям:





По результатам проведённых исследований, суммарная степень извлечения цинка, за две стадии обработки, приближается к 100%, а степень извлечения железа колеблется от 70 до 90% в зависимости от типа экстрагента, его концентрации и избытка от стехиометрии. Цинк из полученного раствора можно выделить путем электролиза, при предварительном осаждении железа.

Библиографический список

1. **Перетрутов, А.А.** Физико-химические свойства эвтонических водных растворов тетрааммиакатов цинка и меди при 293-323 К / Перетрутов А.А., Чубенко М.Н., Ким П.П. // Журнал физической химии. – 2009. – Т. 83. – №10. – С. 1998-2000.
2. **Перетрутов, А.А.** Совместная растворимость оксидов меди и цинка в аммиачно-аммонийных растворах / Перетрутов А.А., Чубенко М.Н., Ким П.П., Якунин Ю.И. – // Журнал физической химии. – 2009. – Т. 83, №8. – С. 1594–1597.
3. **Никольский, Б.П.** Справочник химика. Том 3. Химическое равновесие и кинетика, свойства растворов, электродные процессы / Под ред. Б.П. Никольского. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.-Л.: Химия, 1965. – 1005 с.

УДК 66.048.3-932.4

ПЕТУХОВ А.Н., ТРУБЯНОВ М.М., КОНДРАШИНА К.А., ШАБЛЫКИН Д.А.,
СЕРГЕЕВА М.С., ВОРОТЫНЦЕВ В.М.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ НАСАДОЧНОЙ РЕКТИФИКАЦИОННОЙ КОЛОННЫ СО СРЕДНИМ КУБОМ В СРЕДЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СИМУЛЯТОРА ASPEN PLUS DYNAMICS

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Для исследований в области систем контроля и оптимизации периодических и непрерывных химических процессов в последнее время широко используются коммерческие симуляторы стационарных и периодических процессов. Они предоставляют возможность точно предсказать динамику довольно сложных управляющих структур, посредством моделирования переходных процессов [1]. Однако встроенные в Aspen модели периодических колонн включают варианты только с нижним кубом и не позволяют моделировать процесс периодической ректификации в двухсекционной колонне со средним кубом.

В настоящей работе была разработана и реализована модель насадочной периодической ректификационной колонны со средним кубом и модулями мембранного газоразделения в среде симулятора химико-технологических процессов Aspen Plus Dynamics®. Технологическая схема ректификационной колонны с секцией обеднения и обогащения создана на базе двух RADFRAC блоков (с конденсатором для верхней разделительной секции и с ребойлером для нижней) и модели сепаратора FLASH2 для реализации среднего куба. Использована система запорно-регулирующих клапанов и насосов для регулировки орошения разделительных секций, контроля захвата жидкости в накопителях секций и в среднем кубе, контроля потоков отбора примесных фракций. На первом этапе моделирования технологическая схема оптимизировалась в формате непрерывного процесса ректификации в Aspen Plus steady-state simulation для модельной системы на основе аммиака с начальной концентрацией вышекипящей (воды) и нижекипящей (азота) примеси на уровне 0.1%. Расчет термодинамических свойств системы проводился с использованием пакета на основе уравнения состояния PengRobinson с модификацией Boston-Mathias (PR-BM) (при давлении 5-10 атм и комнатной температуре). Определены оптимальные геометрические характеристики колонны, рассчитаны гидродинамические характеристики разделительных секций, температура, давление и плотность орошения, мощность испарителя и конденсатора.

Проведена сравнительная оценка эффективности разделения в различных вариантах

организации процесса глубокой очистки в колонне с дополнительными мембранными модулями. Рассмотрены оптимальные условия процесса очистки аммиака в интегрированной (гибридной) схеме для получения продукта чистотой >99.9999% с минимизацией времени и энергоемкости процесса и максимизацией степени выделения. Разработан ряд оптимальных схем организации гибридного ректификационного процесса в сопряжении с мембранным газоразделением для глубокой очистки технического аммиака с целью последующей экспериментальной верификации.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект № 17-79-20286

1. **Luyben, William L.** Aspen Dynamics simulation of a middle-vessel batch distillation process, Journal of Process Control. – 2015. – V. 33. – P. 49–59.

УДК 66.08

РОГОВ С.А., АФРИН М.М., БРОННИКОВ С.В.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВОДНО-ХИМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ВТОРОГО КОНТУРА РЕАКТОРОВ ТИПА ВВЭР

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Водно-химический режим выполняет ряд важных для эксплуатации атомной станции функций: смягчает режимы работы парогенератора, подавляет коррозию и эрозию трубопроводов и технологического оборудования, уменьшает скорости отложения загрязнений на теплообменных поверхностях. Правильно подобранный ВХР – гарант надежности и долговечности оборудования, основа безопасной и безаварийной эксплуатации. Проектирование ВХР и работы по его оптимизации – результат работы химиков, конструкторов, экспериментаторов, материаловедов и других ученых.

При проектировании учитываются: опыт эксплуатации атомной и тепловой техники, возникавшие проблемы, освоенные технологии производства, современные требования и нормы, утвержденные государственными и всемирными организациями.

В первом контуре реакторов типа ВВЭР используется борно-аммиачно-калиевый ВХР. На современных атомных станциях с данным типом реакторов во втором контуре используются три типа ВХР: гидразин-аммиачный, аммиачно-морфолиновый и аммиачно-этаноламиновый.

Проблема выбора ВХР является одной из приоритетных для инженера из-за постоянного роста требований к сроку службы установки, который напрямую зависит от выбора ВХР, к тому же, хоть контур и не является радиоактивным, в нем находится паропроизводящая установка, которая крайне чувствительна к качеству теплоносителя.

В настоящее время на действующих АЭС осуществляется переход с гидразин-аммиачного на ВХР с дозированием морфолина и этаноламина (на энергоблоке №1 Ростовской АЭС и на энергоблоке №2 Балаковской АЭС, соответственно) В результате введения этаноламина, общая выручка за год может увеличиться на 200 млн, так как этаноламин имеет более хорошие температурные характеристики при работе на мощности выше номинальной. Этанолламин и морфолин способны поддерживать необходимые рН при реальных условиях эксплуатации энергоустановки и двухфазности потоков, и тем самым снижают коррозионные отложения и эрозионный унос. При введении аммиачно-морфолинового и аммиачно-этаноламинового ВХР снижается концентрация железа и меди в питательной воде, уменьшается удельная загрязненность теплообменных поверхностей парогенератора.

С точки зрения экономических затрат все виды ВХР практически одинаковы, но при этом из-за разной молекулярной структуры соединений требуется усовершенствование или замена отдельных фильтров, которые могут потребовать вложений.

Библиографический список

1. Опыт ведения водно-химического режима второго контура на АЭС с ВВЭР-1000 с дозированием органических аминов. Тяпков В.Ф., Ерпылева С.Ф., Быкова В.В., Богданов А.Л. (ОАО «ВНИИАЭС») С.И. Брыков, Г.П.Кузнецова (ОАО ОКБ «Гидропресс»), 2010.
2. **Шкроб, М.С.** Водоподготовка и водный режим паротурбинных электростанций / М.С. Шкроб, Ф.Г. Прохоров. – М.: Государственное энергетическое издательство, 1951.
3. Общие положения обеспечения безопасности атомных станций. НП-001-15.

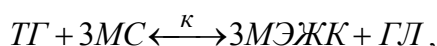
УДК 662.754

РОГОЖИН А.Е., ЕСИПОВИЧ А.Л., ГРЕЧУХИНА К.С., УВАРОВА В.Д.

КИНЕТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЕРЕЭТЕРИФИКАЦИИ РАПСОВОГО МАСЛА МЕТАНОЛОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЛИЦЕРОКСИДА КАЛЬЦИЯ В КАЧЕСТВЕ КАТАЛИЗАТОРА

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

В условиях постоянного роста мирового производства биодизеля актуальной и важной задачей является построение кинетической модели процесса переэтерификации растительных масел метанолом с использованием нового катализатора – глицероксида кальция. Процесс переэтерификации рапсового масла метанолом можно представить в виде реакции:



где ТГ – триглицериды жирных кислот; МС – метиловый спирт; ГЛ – глицерин; k – константа скорости реакции (л/(моль·мин)). Переэтерификация рапсового масла при мольном избытке метанола рассматривалась как необратимая реакция псевдо-второго порядка [1], и для получения кинетических констант использовалось следующее уравнение:

$$\frac{X}{1-X} = C_{TG0} \cdot k \cdot t,$$

где C_{TG0} – начальная концентрация триглицеридов (моль/л); k – константа скорости реакции (л/(моль·мин)); t – время реакции (мин); X – конверсия триглицеридов.

Энергию активации (E_a) и коэффициент (k) определяли по графику зависимости $\ln(k)$ от $1/T$. Полученные значения энергии активации (118,44 кДж/моль) и константы скорости реакции ($1,334 \cdot 10^{18}$ л/(моль·мин)) для процесса переэтерификации рапсового масла метанолом в присутствии глицероксида кальция в качестве гомогенного катализатора хорошо согласуются с данными представленными в работах [1-3] для оксида и глицероксида кальция. Исходя из литературных данных, значения энергии активации для процесса переэтерификации с использованием гомогенных катализаторов находятся в диапазоне 33-84 кДж/моль⁻¹, для гетерогенных – 10-20 кДж·моль⁻¹ [4]. Полученное в этой работе значение E_a , равное 118,44 кДж/моль, указывает на гомогенный характер катализатора. В то же время значения энергии активации для оксида кальция и глицероксида кальция в нерастворенной форме [1-3] очень близки к значениям, полученным в этой работе. Таким образом, даже в случае использования оксида кальция основной каталитический эффект оказывает растворенный глицероксид кальция и переэтерификация растительных масел преимущественно проходит по гомогенному каталитическому механизму.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-33-00550.

Библиографический список

1. Gupta A.R., Yadav S.V., Rathod V.K. Enhancement in biodiesel production using waste cooking oil and calcium diglyceroxide as a heterogeneous catalyst in presence of ultrasound // Fuel. – 2015. – Vol. 158. – P. 800-806.
2. Zhao L., Qiu Z., Stagg-Williams S.M. Transesterification of canola oil catalyzed by nanopowder calcium oxide // Fuel Process. Technol. 2013. – Vol. 114. – P. 154-162.

3. Choudhury H.A., Goswami P.P., Malani R.S., Moholkar V.S. Ultrasonic biodiesel synthesis from crude *Jatropha curcas* oil with heterogeneous base catalyst: Mechanistic insight and statistical optimization // *Ultrason. Sonochem.* – 2014. – Vol. 21. – P. 1050–1064.
4. Lukic I., Kesic Z., Maksimovic S., Zdujic M., Liu H., Krstic J., Skala D. Kinetics of sunflower and used vegetable oil methanolysis catalyzed by CaO•ZnO // *Fuel.* – 2013. – Vol. 113. – P. 367–378.

УДК 541.6

РУМЯНЦЕВ М.С., БОЛЬШАКОВА Е.А.

АМФИФИЛЬНЫЕ СВОЙСТВА НОВЫХ АМИНОСОДЕРЖАЩИХ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ (МЕТ)АКРИЛАМИДОВ

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

В настоящее время наблюдается рост научного интереса в области синтеза и изучения свойств поверхностно-активных мономеров (сурфомеров). Мономеры такого типа представляют собой новый вид функциональных ПАВ, молекулы которых имеют не только амфифильную структуру, но и содержат полимеризующийся виниловый фрагмент. Благодаря уникальным физико-химическим свойствам сурфомеры являются перспективными для синтеза на их основе водорастворимых гидрофобно-ассоциирующихся полимеров и гидрогелей, потенциально применимых в качестве загустителей, носителей лекарственных средств и реагентов для повышения нефтеотдачи.

Важным классом сурфомеров являются аминосодержащие (мет)акриловые мономеры, имеющие гидрофобный *n*-алкильный заместитель при аминном азоте. В данной работе был синтезирован ряд *N,N*-диалкиламинометил(мет)акриламидов с различной длиной алкильных фрагментов по реакции Манниха путем взаимодействия (мет)акриламида с формальдегидом и высшими вторичными аминами C4-C8.

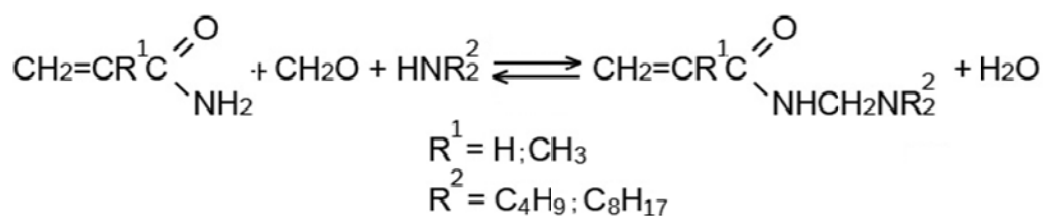


Рис. 1. Схема синтеза *N,N*-диалкиламинометил(мет)акриламидов по реакции Манниха

Была проведена оценка амфифильных свойств синтезированных аминоамидов по методике, предложенной в работе Хохлова и Охупкина [1]. Данный подход учитывает распределение мономеров между водной и органической фазами, а также межфазную активность на границе раздела фаз.

Результаты, полученные в ходе работы, показали, что синтезированные аминосодержащие метакриламиды обладают меньшей межфазной активностью по сравнению с акриловыми аналогами. Кроме того, с ростом алкильного фрагмента молекулы аминоамида наблюдается закономерное увеличение гидрофобности мономеров.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-33-01021.

1. **Okhapkin, I.M.** Two-dimensional classification of amphiphilic monomers based on interfacial and partitioning properties. 1. Monomers of synthetic water-soluble polymers / I.M. Okhapkin, E.E. Makhaeva, A.R. Khokhlov // *Colloid Polym. Sci.* – 2005. – V. 284. – P. 117–123. DOI: 10.1007/s00396-005-1342-1.

УДК 662.754

РЫБКИН П.А., РОГОЖИН А.Е., ЕСИПОВИЧ А.Л., ВАСИЛЬЕВ В.Д.

ИССЛЕДОВАНИЕ АКТИВНОСТИ ГЛИЦЕРОКСИДА КАЛЬЦИЯ В КИСЛЫХ МАСЛАХ

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

Значительное внимание уделяется возможности переработки растительных масел в полезные источники сырья и энергии, в том числе в метиловые эфиры жирных кислот (МЭЖК, биодизель). МЭЖК являются перспективным сырьевым источником для производства широкого ряда востребованных на рынке продуктов – ингибиторов коррозии, ПАВ, высших жирных спиртов, стабилизаторов разложения ПВХ, гидравлических жидкостей и др. Биодизель получают в процессе переэтерификации различных растительных масел метанолом с использованием основных катализаторов. Основными промышленными катализаторами процесса переэтерификации являются гидроксиды и алкоксиды щелочных металлов.

В качестве альтернативы традиционные щелочные катализаторы в процессе переэтерификации можно заменить на глицероксид кальция. Глицероксид кальция обладает достаточно высокой каталитической активностью, сравнимой с традиционными катализаторами. Кроме этого, после проведения процесса переэтерификации глицероксид кальция можно нейтрализовать фосфорной кислотой с образованием нерастворимых фосфатов, которые можно легко отделить от реакционной смеси. Более того, при использовании глицероксида кальция образуется меньше отходов, поскольку содержание кальция в глицероксиде намного меньше по сравнению с содержанием катионов в традиционных катализаторах. Следует также отметить, что глицероксид кальция, в отличие от традиционных катализаторов переэтерификации, не вступает в реакцию омыления с глицеридами жирных кислот. Однако при использовании кислых масел стоит учитывать взаимодействие глицероксида кальция со свободными жирными кислотами (СЖК).

В ходе проведенных исследований было установлено, что при мольном соотношении кальция, содержащемся в глицероксиде кальция, к СЖК от 1:4,5 до 1:1,5 происходит резкое снижение скорости образования МЭЖК через 30 мин ведения процесса. При этом выход МЭЖК не превышает 31 %. По-видимому, данное явление можно объяснить тем, что глицероксид кальция при взаимодействии со свободными жирными кислотами полностью расходуется с образованием кальциевых солей. Увеличение количества катализатора до мольного соотношения кальция к СЖК 0,9:1 приводит к увеличению скорости реакции и выход МЭЖК достигает 96 % после 3 ч проведения процесса. Следует так же отметить, что при мольном соотношении кальция, содержащемся в глицероксиде кальция, к СЖК 1:1 или более загрузка глицероксида кальция не оказывает существенного влияния на скорость образования и выход МЭЖК.

Таким образом, взаимодействие глицероксида кальция с СЖК полностью проходит в течение 30-45 мин при 60 °С. При мольном соотношении кальция, содержащемся в глицероксиде кальция, к СЖК 1:1 или более начальная скорость образования МЭЖК не зависит от взаимодействия глицероксида кальция с СЖК.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-33-00550.

УДК 547.333.2

САВИНОВА М.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ФОРМАЛЬДЕГИДА С ВЫСШИМИ ВТОРИЧНЫМИ АМИНАМИ

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

Важным направлением исследований является поиск новых поверхностно-активных полимеризуемых веществ, к которым, в частности, относятся аминоксодержащие (мет)акриловые мономеры. Продукты, получаемые на основе мономерных аминоксидов, являются перспективными для применения в различных областях промышленности (нефтедобыча, медицина и

др.). Одним из наиболее простых методов получения таких мономеров является реакция Манниха. Однако данный способ не получил широкого промышленного применения, поскольку он сопровождается рядом побочных реакций, существенно снижающих селективность процесса. Поэтому актуальным является поиск оптимальных условий синтеза N,N-диалкиламинометил(мет)акриламидов по реакции Манниха путем взаимодействия трех компонентов – высшего вторичного амина, формальдегида и (мет)акриламида.

Считается [1], что первой стадией данного процесса является взаимодействие формальдегида с амином с образованием промежуточного продукта – N,N-диалкиламинометанола (рис. 1).

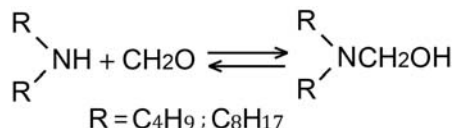


Рис. 1. Схема взаимодействия формальдегида с высшими вторичными аминами

Целью данной работы было исследование взаимодействия формальдегида с высшими вторичными аминами (C₄-C₈) как первой стадии получения N,N-диалкиламинометил(мет)акриламидов по реакции Манниха. Процесс проводился в водном растворе при интенсивном перемешивании.

Установлено, что при эквимольном соотношении исходных реагентов достаточно быстро достигается равновесие с высоким выходом N,N-диалкиламинометанола. При двукратном избытке амина наблюдается снижение выхода целевого продукта за счет протекания побочной реакции образования N,N,N',N'-тетраалкилметилендиаминов (рис. 2).

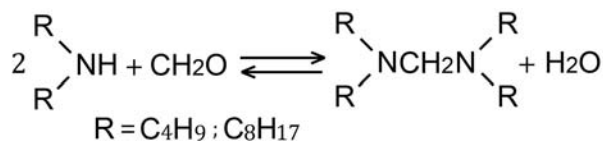


Рис. 2. Схема взаимодействия формальдегида с высшими вторичными аминами (двукратный избыток амина)

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-33-01021.

1. Sarhan, A. Utility and Synthetic Uses of Mannich Reaction: An Efficient Route for Synthesis of Thiadiazino-[1,3,5][3,2-a]benzimidazoles / A. Sarhan, S.H. Abdel-Hafez, H. El-Sherief, T.Aboel-Fadl // Synthetic Communications. – 2006. – V. 36. – P. 987-996.

УДК: 541.6

САДИКОВ А.Ю.^{1,2}, ОРЕХОВ Д.В.¹, ЕШИНА М.А.¹

ИССЛЕДОВАНИЕ АМФИФИЛЬНЫХ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ МОНОМЕРОВ НА ОСНОВЕ ОКСИЭТИЛИРОВАННЫХ СПИРТОВ

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева¹,
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского²

Данные по амфифильным свойствам мономеров используются в различных областях науки о ВМС, в том числе при выборе условий полимерных гетерогенных синтезов и для оценки по мономерному составу наличия стимул-чувствительных свойств полимеров.

Цель работы заключалась в исследовании амфифильных свойств новых поверхностно-активных мономеров – алкоксиолиго(этиленгликоль)(мет)акрилатов с варьируемым соотно-

шением гидрофильных и гидрофобных фрагментов и попытке спрогнозировать наличие термочувствительных свойств полимеров на их основе.

Для достижения цели - установления связи между структурой полимера и термочувствительными свойствами его водных растворов может быть использовано сравнение положения исходных мономеров на трехмерной диаграмме зависимости температур фазовых переходов ($T_{\text{фп}}$) полимеров от амфифильных свойств исходных мономеров. На основе литературных и полученных данных, по межфазной активности и распределению мономеров между водной и органической фазами, были рассчитаны свободные энергии адсорбции (Δf_{ads}) и распределения (Δf_{part}) для ряда мономеров, представленных в табл. 1. Для полимеров также установлены значения $T_{\text{фп}}$ в водных растворах. В результате построена двухпараметрическая зависимость для температур фазовых переходов - трехмерный график которой представлен на рис. 1. Исходя из данной диаграммы можно спрогнозировать значение $T_{\text{фп}}$ исследуемых алкоксолиго(этиленгликоль)(мет)акрилатов.

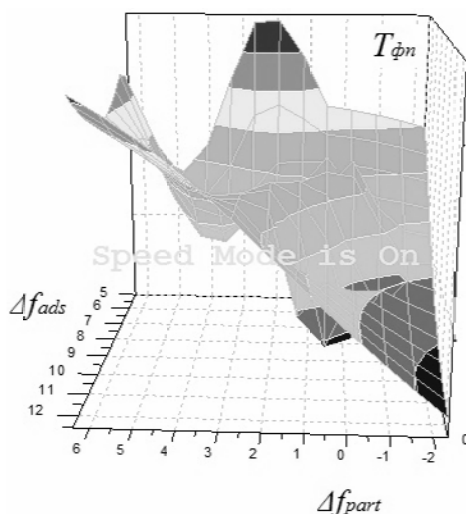


Рис. 1. Двухпараметрическая зависимость температуры фазового перехода в растворах полимеров от Δf_{ads} и Δf_{part}

Таблица 1

Сводная таблица значений температур фазовых переходов и свободных энергий адсорбции и распределения

Мономер	f_{part}	f_{ads}	$T_{\text{фп}}$
ДЭАЭА	4,03	8,28	32,8
ДЭАЭМА	1,227	7,63	38,4
ДЭАПА	3,5	8,07	24
ДЭА ПМА	1,191	7,41	33,6
ДЭАДМПА	-0,516	8,482	0
ДЭАДМПМА	-2,338	7,87	0
ДМАЭМА	0,98	6,10	51
ЭМА	0,85	7,32	30
ДМАПМА	6,12	6,93	100
ДМАПА	6,4	7,81	100
2-ЭГМА	3,49	6,19	0
МПЭГМА-6	2,88	12,54	64
ИПАА	4,7	5	32
ВП	2	6,8	30
ВК	-0,3	8,3	35
ВИА	3	5,2	100

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-33-00989 мол_а.

**ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ПРОЦЕССА ГИДРАТООБРАЗОВАНИЯ НА КОЭФФИЦИЕНТ
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КСЕНОНА ПРИ ВЫДЕЛЕНИИ ЕГО ИЗ ПРИРОДНОГО ГАЗА**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Содержание ксенона в атмосфере Земли составляет $8,70 \cdot 10^{-6}$ об.% [1], а содержание ксенона в природном газе составляет 0,15 об.% [2]. Следовательно, извлечение ксенона из природного газа является приоритетным направлением. Основным компонентом природного газа является метан, давление диссоциации которого намного больше давления диссоциации выделяемого газа – ксенона. Из-за различия в давлениях диссоциации метод газогидратной кристаллизации может быть использован для эффективного выделения ксенона из природного газа. Оптимизация условий гидратообразования была проведена методом математического моделирования. Для моделирования были выбраны различные газовые смеси, приближенные к составу природного газа: $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{S} + \text{Xe}$, $\text{CH}_4 + \text{CO}_2 + \text{Xe}$, $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{S} + \text{CO}_2 + \text{Xe}$.

Установлено, что коэффициент распределения ксенона существенно зависит от состава газовой смеси и слабо зависит от изменения концентрации извлекаемого газа. Наиболее эффективно выделение ксенона из газовой смеси $\text{CH}_4 = 94,85\%$, $\text{CO}_2 = 5,00\%$, $\text{Xe} = 0,15\%$, где коэффициент распределения ксенона составляет 12,02 при температуре 273,15 К и давлении газовой смеси 2444,32 кПа. В газовой смеси, максимально приближенной к составу природного газа ($\text{CH}_4=94,85\%$, $\text{H}_2\text{S}=2,50\%$, $\text{CO}_2=2,50\%$, $\text{Xe}=0,15\%$) установлена зависимость средней доли заполненных газом полостей от давления газовой смеси. Определено, что при увеличении давления газовой смеси в соответствии с изотермой Лэнгмюра увеличивается средняя доля заполненных газом полостей. Для этой же газовой смеси смоделирован процесс гидратообразования в диапазоне температур 273,15 – 283,15 К и при изменении давления диссоциации газовой смеси. Показано, что максимальный коэффициент распределения ксенона составляет 8,36 при давлении газовой смеси 1522,36 кПа и температуре 273,15 К.

Также для повышения эффективности выделения ксенона рассмотрен процесс многократной направленной газогидратной кристаллизации. Определено оптимальное количество стадий для эффективного выделения ксенона. Для достижения максимальной концентрации ксенона в гидратной фазе в газовой смеси, максимально приближенной к составу природного газа ($\text{CH}_4=94,85\%$, $\text{H}_2\text{S}=2,50\%$, $\text{CO}_2=2,50\%$, $\text{Xe}=0,15\%$) достаточно двух стадий процесса направленной газогидратной кристаллизации. В данной газовой смеси концентрация ксенона на второй стадии процесса направленной газогидратной кристаллизации составляет 2,52% при температуре 278,15 К и давлении смеси 985 кПа.

Преимущества метода газогидратной кристаллизации: простота экспериментальной установки; процесс газогидратной кристаллизации возможен при температурах выше 273,15 К; высокая эффективность газового разделения из-за различия в давлениях диссоциации газов; возможна транспортировка газа в газогидратном состоянии при атмосферном давлении; высокая вместимость газов из-за клатратной структуры газовых гидратов; безопасность транспортировки газа, так как отсутствует возможность внезапного взрыва.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ (грант № 17-79-20286).

Библиографический список

1. **Godish, T.** Air quality / T. Godish, W.T. Davis, J.S. Fu. – CRC Press, 2014. – 542 p.
2. Пат. RU2466086C2 Российская Федерация. Способ получения ксенонового концентрата из природного горючего газа, продуктов его переработки, включая техногенные отходящие газы, и устройство для его реализации (варианты) / Сметанников В.П., Орлов А.Н., Малинин Н.Н., Семенова О.П. – заявл. 16.02.2010; опубл. 10.12.2011.

**ВЛИЯНИЕ ТИПА ПАВ НА СВОЙСТВА СИНТЕЗИРУЕМЫХ МИКРОГЕЛЕЙ
N-[3-(ДИЭТИЛАМИНО)-ПРОПИЛ]АКРИЛАМИДА**

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

Полимерные микрогели являются перспективными носителями для адресной доставки лекарственных средств. Одним из требований к ним часто выступает наличие термочувствительных свойств, обеспечивающих высвобождение препарата в определенном органе или ткани, температура которых несколько отличается от температуры других тканей. Повысить чувствительность полимера к отличиям условий в различных органах и тканях может наличие у полимера не только термочувствительных, но и pH-чувствительных свойств. К таким мультичувствительным, в частности, относятся полимеры, получаемые из N-[3-(алкиламино)алкил](мет)акриламидов, в том числе используемого нами N-[3-(диэтиламино)-пропил]акриламида (ДЭАПА).

Микрогели полиДЭАПА получали радикальной осадительной полимеризацией в воде с использованием сшивающего агента N,N'-метиленбисакриламида (МБАА) и поверхностно-активных веществ: додецилсульфат натрия (анионное ПАВ), лаурилтриметиламмоний хлорид (катионное), синтанол АЛМ-10 (неионогенное). Реакция инициировалась натриевой солью 4,4'-азобис(4-цианпентановой кислоты) (НАЦК). Синтез проводили 5 часов в атмосфере азота при 70 °С и скорости перемешивания 300 об/мин. Размер частиц оценивался методом динамического рассеяния света (DLS) при двух температурах – одна заведомо ниже температуры фазового перехода раствора полиДЭАПА (15 °С), другая – выше (80 °С).

При использовании анионного ПАВ (додецилсульфат натрия) микрогелевая фракция (30–40 нм) стабильно получается в области низких концентраций ПАВ (0,15–0,3 ммоль/100 мл), а при увеличении концентрации ПАВ до 0,6 ммоль/100 мл резко возрастает доля фракции несшитых полимерных молекул (4–8 нм). Отчасти действие высоких концентраций ПАВ может быть скомпенсировано увеличением концентрации сшивающего агента (МБАА). При этом условии удавалось получить микрогель при концентрации ПАВ 0,6 ммоль/100 мл (получена фракция 85 нм, коллапсирующая при нагревании до 62 нм), но общая тенденция на возрастание доли несшитого полимера с ростом концентрации ПАВ сохраняется и в этом случае. Аналогичные результаты получены при использовании неионогенного ПАВ АЛМ-10. Микрогели были получены в диапазоне концентраций ПАВ 0,077–0,6 ммоль/100 мл. Точно так же с ростом концентрации АЛМ-10 при прочих равных условиях возрастает доля фракции несшитого полимера, и увеличением концентрации МБАА можно получить в синтезе преимущественно микрогелевую фракцию (в различных условиях размер частиц до коллапса был от 26 до 120 нм).

При использовании лаурилтриметиламмоний хлорида в концентрации 0,3 ммоль/100 мл над микрогелевой фракцией полимера (20–60 нм в разных синтезах), по количеству резко преобладает фракция отдельных полимерных молекул (4–8 нм) и в целом образцы характеризуются широким распределением частиц по размеру. Повышение концентрации ПАВ способствует смещению соотношения частиц в пользу микрогеля, и наилучшие результаты синтеза были достигнуты при 15-кратном увеличении концентрации ПАВ: частицы диаметром 180 нм, коллапсирующие при нагревании до 75 нм. Поскольку полиДЭАПА в воде представляет собой поликатион, катионное ПАВ ожидаемо хуже других стабилизирует частицы полиДЭАПА в ходе синтеза. В отличие от катионного ПАВ, анионное, вступающее в эффективные электростатические и гидрофобные взаимодействия с полимером, а также неионогенное способствуют обособлению при синтезе большого числа несшитых молекул. Поэтому их концентрацию желательно минимизировать. При этом наиболее эффективно регулировать размер частиц микрогеля позволяет неионогенное ПАВ.

ЕМКОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕТАЛЛОВОЙЛОЧНЫХ ОКСИДНО-НИКЕЛЕВЫХ ЭЛЕКТРОДОВ С РАЗЛИЧНЫМ СПОСОБОМ ВВЕДЕНИЯ АКТИВНОГО ВЕЩЕСТВА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

При изготовлении металловолокнистых оксидно-никелевых электродов (ОНЭ) щелочных аккумуляторов активную массу можно вводить несколькими способами:

- 1) многократной пропиткой насыщенным раствором сульфата никеля с последующей обработкой концентрированной калиевой щёлочью;
- 2) намазкой пасты гидроксида никеля;
- 3) нанесением коррозионно-активного слоя никеля.

Чтобы сократить количество пропиток, можно часть активного вещества положительного электрода нарабатывать из предварительно осажденного коррозионно-активного слоя никеля в процессе формирования аккумуляторов. Такому способу подходит сплав никеля с кобальтом, который обладает повышенной анодной активностью.

Для изучения влияния сплава никель-кобальт на ёмкость ОНЭ было изготовлено три типа электродов пористых электродов. Все они предварительно были покрыты коррозионно-активным электрохимическим никелем. Тип электродов (I) был покрыт сплавом кобальт-никель из раствора следующего состава (содержание сульфата кобальта на металл 30г/л):

CoSO₄ – 120г/л

NiSO₄ – 100г/л

NaCl – 15г/л

H₃BO₃ – 30-40г/л

Затем провели две пропитки в насыщенном растворе сульфата никеля с последующей обработкой в концентрированном растворе КОН. Тип электродов (II) был покрыт сплавом из того же состава, но пропиток было три. Наконец, тип (III) не покрывался сплавом, вместо этого его пять раз последовательно пропитали в растворе сульфата никеля и обработали щёлочью, и шестой раз – в растворах сульфата кобальта и щёлочи.

Все три типа электродов были испытаны в макетах никель-кадмиевых аккумуляторов. Испытания аккумуляторов провели при силе зарядного и разрядного тока 200 мА. Результаты исследований приведены в табл. 1.

Таблица 1

Ёмкостные характеристики оксидно-никелевых электродов

Тип электрода	Ёмкость, А·ч на циклах					
	1	2	4	5	10	14
I	0,04	0,45	0,60	0,47	0,84	0,96
II	0,08	0,68	1,06	1,00	1,40	1,60
III	0,06	0,43	0,60	0,40	0,40	0,43

Из представленных данных видно, что наибольшую ёмкость имел аккумулятор с электродами типа (II) (сплав кобальта с тремя пропитками) – 1,4А·ч на 10м и 1,6А·ч на 14м цикле. Электрод тип (II) со сплавом кобальта и двумя пропитками показал меньшую ёмкость – 0,84А·ч на 10м и 0,96А·ч на 14м цикле. Аккумулятор с электродом типа (III) (пять пропиток NiSO₄ и одна CoSO₄) имел наихудшую ёмкость.

Это говорит о том, что нанесение сплава никель-кобальт на коррозионно-активный слой электрохимически осаждённого никеля положительного электрода не только позволяет уменьшить число пропиток в солях никеля, но и значительно увеличивает ёмкость аккумулятора.

ИК-СПЕКТРОСКОПИЯ МЕЖМОЛЕКУЛЯРНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ ОРГАНИЧЕСКИХ АМИНОБОРАНОВ С ВОДОЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Покрyтия сплавом никель-бор обладают повышенной микротвердостью, износостойкостью, низкими переходным и удельным сопротивлениями, хорошими паяемостью, микросвариваемостью и удовлетворительной коррозионной стойкостью. На качество получаемых покрытий большое влияние оказывают состав и структура исходных компонентов растворов химической металлизации, в частности восстановителей – органических аминоборанов. Вода за счет способности образовывать межмолекулярные водородные связи может входить в структуру исходных систем и участвовать во взаимодействиях и трансформациях реагирующих веществ. В данной работе представлены ИК-спектральные проявления существования комплексов воды с органическими аминоборанами на примере диметиламинборана и морфолинборана. При исследовании соединений были использованы две методики измерения образцов – в матрице бромистого калия и в пленках, полученных кристаллизацией исследуемого соединения из ацетона.

В спектре, полученном в порошке бромистого калия для исходного диметиламинборана, наблюдается полоса при 1724 см^{-1} , отнесенная нами к колебаниям О-Н гидроксоний-катиона, связанного с молекулой диметиламинборана. В спектре исходного морфолинборана в матрице бромистого калия колебание связанного гидроксоний-катиона проявляется в виде слабой полосы валентного колебания (О-Н) с частотой 1735 см^{-1} . Данные полосы претерпевают изотопный сдвиг при смешивании исследуемых соединений с тяжелой водой.

В пленке диметиламинборана наблюдается полоса при 1707 см^{-1} валентных (О-Н) - колебаний гидроксоний-катиона, связанного в комплекс с диметиламинбораном, а полоса валентных О-Н колебаний несвязанной воды исчезает, то есть при образовании пленки аминборана на окне вместе с ацетоном из системы уходит несвязанная вода, а связанный с аминбораном гидроксоний-катион остается в системе, что косвенно указывает на прочность комплексообразования за счет переноса протона в комплексе. В случае морфолинборана полоса связанного гидроксоний-катиона (при 1711 см^{-1}) также остается, а полоса деформационного колебания воды при $1600\text{-}1650\text{ см}^{-1}$ и полоса колебания несвязанной воды в области $3400\text{-}3500\text{ см}^{-1}$ исчезают.

Квантовохимические расчеты, проведенные в рамках теории функционала плотности (DFT) в базисе B3LYP/6-311++G(2d,2p), предсказывают образование межмолекулярной водородной связи между атомом кислорода воды и водородом аминовой группы исследуемого аминоборана $\text{O}\cdots\text{H}-\text{N}$, с другой стороны становятся возможными взаимодействия $\text{H}\cdots\text{H}$ между водородом воды и водородом боранового заместителя.

ТРУБЯНОВ М.М., ВОРОТЫНЦЕВ И.В., ШАБЛЫКИН Д.Н.,
ПЕТУХОВ А.Н., КОНДРАШИНА К.А., ВОРОТЫНЦЕВ В.М.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СОВМЕЩЕННЫХ ПРОЦЕССОВ РЕКТИФИКАЦИОННОЙ ОЧИСТКИ И МЕМБРАННОГО ГАЗОРАЗДЕЛЕНИЯ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Одним из направлений интенсификации процессов разделения и повышения их энергоэффективности является совмещение известных индивидуальных методов в комплексные схемы. При глубокой очистке сжиженных газов с низкой температурой кипения высокую актуальность приобретает применение метода ректификации при повышенном давлении, благодаря возможности снижения энергоемкости процесса в области выше точки кипения основно-

го вещества [1]. Мембранное газоразделение – это энергоэффективный метод, не требующий развитой инфраструктуры для реализации. Он может быть встроен в существующие технологические линии, относительно прост в управлении, а увеличении производительности проводится путем увеличения площади мембраны или числа мембранных модулей.

В настоящей работе исследованы особенности сопряжения периодического процесса ректификационной очистки сжиженных газов при повышенном давлении с мембранным газоразделением на примере ректификации аммиака. Получены экспериментальные и расчетные данные по эффективности разделения смесей аммиак-азот (мольная концентрация азота составила 7,7 % об.) и аммиак-оксид углерода (II) (мольная концентрация оксида углерода (II) составила 5,5 % об.) на одно- и двухмодульном однокомпрессорном мембранном аппарате [2]. Экспериментальное определение состава проводили с помощью оригинальной методики газохроматографического анализа аммиака [3]. Выявлено, что экспериментальные данные описываются зависимостью, которая лежит между зависимостями для моделей идеального вытеснения и полного перемешивания, что свидетельствует о корректности полученных экспериментальных результатов. Для модуля, работающего в режиме полного перемешивания, величина фактора разделения не превышает значения коэффициента разделения и с увеличением отношения потока питания к потоку ретентата первого модуля 1 до ∞ асимптотически приближается к нему. Для модуля, работающего в режиме идеального вытеснения, с увеличением отношения потока питания к потоку ретентата первого модуля от 1 до ∞ значение фактора увеличивается от 1 до ∞ .

В среде технологического симулятора реализована адаптированная модель единичного газоразделительного мембранного модуля, работающего в режиме идеального вытеснения и поперечного тока для оценки различных вариантов комбинирования периодического ректификационного процесса с модулями мембранного разделения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-38-60174 мол_а_дж, а также гранта Президента РФ МК-2924.2017.8.

Библиографический список

1. **Trubyanov, M.M.** et al. // Sep. Pur. Tech. – 2014. – V. 135. – P. 117–126.
2. **Воротынец, И.В.** и др. // Мембраны и мембр. технологии. – 2016. – Т. 7. – № 1. – С. 65–74.
3. **Trubyanov, M.M.** et al. // J. Chrom. A. – 2016. – V. 1447. – P. 129–134.

УДК 621

ФРОЛИКОВ А.С., АНАНЬЕВА Е.Ю., РОГОЖИН В.В.

МЕДНЕНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ОТВЕРСТИЙ В ПЕЧАТНЫХ ПЛАТАХ

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева

Нанесение медного покрытия на стенки переходных отверстий используется для создания токопровода между сторонами и/или слоями печатной платы. Качество этой операции зависит от обработки диэлектрической поверхности печатной платы перед нанесением слоя меди. Повышение качества и удешевление операции нанесения покрытия на разных стадиях процесса производится путем выбора оптимальных реагентов и технологических условий процесса на каждой стадии.

С повышением сложности электронных схем и наличием тенденции к сокращению размеров аппаратуры платы с металлизированными отверстиями находят все более широкое применение.

Стартовой операцией является сверление отверстий в плате. Чтобы получить заданный диаметр готового отверстия, необходимо сверлить отверстие несколько большего диаметра с учетом толщины слоя металлизации. Диаметр просверленного отверстия обычно больше окончательного на 0,07-0,1 мм, что позволяет нанести слой меди толщиной $2 \times (25-35)$

мкм плюс слой припоя $2 \times (10-20)$ мкм на диаметр. Примером может служить металлизированное отверстие диаметром 0,8 мм, и его обычно выполняют с допуском $\pm 0,1$ мм.

Для придания диэлектрику способности к металлизации проводят такие подготовительные операции, как сенсibilизация и активация поверхности. Эти операции являются самыми важными, они определяют качество будущего покрытия и являются наиболее затратными, т.к. для активации поверхности диэлектрика используются драгоценные металлы. В большинстве случаев для активации используется палладий. При его использовании получается хорошая адгезия медного покрытия, осажденного химическим способом. Растворы активирования на основе хлористого палладия пригодны во всех случаях металлизации. Но такой способ является затратным.

В качестве альтернативы можно использовать серебро. Растворы активирования, содержащие серебро, пригодны лишь для химического меднения при условии, если эти растворы не разбавлены. Рекомендуется раствор следующего состава: серебро азотнокислое AgNO_3 2 г/л, гидрат окиси аммония (25%-ный раствор) NH_4OH 15-20 мл/л. Серебро в этом растворе находится в виде комплексного аммиачного катиона $\text{Ag}(\text{NH}_3)^{2+}$. Аммиачные растворы серебра при активировании пластмасс имеют то преимущество, что позволяют судить о качестве активирования поверхности по бурой её окраске, вследствие оседания на поверхности крупных частиц Ag .

Основной операцией является химическое восстановление ионов меди на стенки отверстий. Получается металлическая пленка, которая очень тонкая и хрупкая может быть легко повреждена, поэтому до окончательного формирования металлического покрытия эта пленка гальваническим меднением наращивается до толщины 5 мкм. Такая плата готова для окончательной металлизации стенок отверстий, а также проводников и контактных площадок.

Библиографический список

1. **Ильин, В.А.** Технология изготовления печатных плат / В.А.Ильин. – Л.: Машиностроение, 1984. – 77 с.
2. **Мелашенко, Н.Ф.** Гальванические покрытия диэлектриков: справочник / Н.Ф. Мелашенко. – Мн.: Беларусь, 1987. – 176 с.;
3. **Шалкаускас, М.** Химическая металлизация пластмасс / М. Шалкаускас, А. Вашкялис. – Л.: Химия, 1985. – 144 с.
4. **Флёров, В.Н.** Химическая технология в производстве радиоэлектронных деталей / В. Н. Флёров. – М.: Радио и связь, 1988. – 104 с.;
5. **Медведев, А.М.** Печатные платы. Конструкции и материалы /А. Медведев. – Москва: Техносфера, 2005. – 302 с.

УДК 621.357.74

ЧЕРЕМИНА О.Е., ЛУЧНЕВА С.И., ДЕВЯТКИНА Т.И., РОГОЖИН В.В.

УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА НИКЕЛЕВОГО ПОКРЫТИЯ, ОСАЖДЕННОГО НА АЛЮМИНИЕВЫЕ СПЛАВЫ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Одной из главных проблем при нанесении гальванопокрытий на алюминиевые сплавы является их недостаточная адгезия к металлу основы. Для решения данной проблемы нами был разработан универсальный способ подготовки поверхности таких основ перед нанесением гальванопокрытий, в частности, никелевых. Особенностью этого способа является формирование оксидной пленки с помощью процесса анодирования. Полученная оксидная пленка обеспечивает необходимую прочность сцепления никелевого покрытия, электроосажденного из специально разработанного бесхлоридного кислого электролита никелирования, содержащего в своем составе сульфат никеля 90-100г/л, дикарбоновую кислоту 6-8г/л и поливиниловый спирт 8-11 мг/л. [1]

Однако на адгезию оказывает влияние не только правильно подобранная предвари-

тельная подготовка, но и наличие внутренних напряжений в самом никелевом покрытии. Большие внутренние напряжения часто являются причиной растрескивания покрытия и обычно осадки, получаемые из сернокислого электролита никелирования, имеют высокие растягивающие напряжения [2].

Определение внутренних напряжений проводилось методом деформации гибкого катода, согласно ГОСТ 9.302-88.

Известной добавкой, снижающей внутренние напряжения, является сахарин. В процессе исследований было выявлено, что при его добавлении в кислый электролит никелирования происходит снижение внутренних напряжений в никелевом покрытии и перевод их из растягивающих в сжимающие величины (табл. 1).

Согласно ГОСТ 9.305-84 концентрация сахарина обычно варьируется в пределах 0,3–2,0 г/л. Для определения интервала концентраций этой добавки в разработанном кислом электролите никелирования, отвечающего минимальным внутренним напряжениям в покрытии, был использован метод математического ротатбельного планирования Бокса-Хантера. В результате эксперимента была определена оптимальная концентрация сахарина 0,2–0,5 г/л, позволяющая получать практически ненапряженные никелевые покрытия. Стоит отметить, что при осаждении никелевого покрытия на анодированную алюминиевую поверхность при концентрации этой добавки более 0,5 г/л наблюдаются отслоения никелевого покрытия от алюминиевой основы. Это связано с возрастающей величиной сжимающих напряжений.

Таблица 1

Параметры никелевого покрытия, осажденного из электролита никелирования с различной концентрацией сахарина

Параметр	Концентрация сахарина, г/л		
	0	0,35	1
Внутренние напряжения σ , МПа	+37,4	-27,0	-70,2
Микрошероховатость Ra, мкм	1,06	0,5	-

Дополнительные исследования микрошероховатости никелевого покрытия показали, что осажденные из кислого электролита никелирования покрытия отвечают 7 классу чистоты поверхности, а с сахарином - 8 классу. Таким образом, введение сахарина в состав электролита приводит к сглаживанию поверхности никелевого покрытия, а также оказывает положительное действие и на внешний вид покрытия, позволяя получать ровные, светлые и блестящие осадки.

Библиографический список

1. Нанесение защитно-декоративных покрытий на алюминиевые сплавы / Девяткина Т.И. и [др.] // Журнал прикладной химии. – 2017. – №7. – С. 861–868.
2. Садаков, Г.А. Гальванопластика / Г.А. Садаков. – М.: Машиностроение, 1987. – 288 с.

УДК 547.333.1

ШИРШИН К.К., АРИФУЛЛИН И.Р.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ФОРМАЛЬДЕГИДА С ВЫСШИМИ ПЕРВИЧНЫМИ АМИНАМИ

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

В настоящее время возрос интерес к поиску новых поверхностно-активных веществ, обладающим уникальным сочетанием поверхностно-активных свойств и способности к полимеризации. Полимеры на основе таких веществ находят широкое применение в различных областях промышленности [1]. Одним из примеров поверхностно-активных веществ с уникальными физико-химическими свойствами являются аминоксиды, полученные по реакции

Манниха путем взаимодействия (мет)акриламида, формальдегида и высших первичных и вторичных аминов.

Взаимодействие формальдегида с аминами является промежуточной стадией синтеза поверхностно-активных аминоксодержащих (мет)акриламидов по реакции Манниха. В данной работе было исследовано взаимодействие формальдегида с высшими первичными аминами (н-бутиламин, н-октиламин, н-додециламин). Реакционная смесь является гетерогенной из-за очень низкой растворимости исходных аминов и конечных продуктов. Интенсивное перемешивание позволяет достичь высокого выхода N-алкиламинометанолов, которые не растворяются в воде и благодаря этому могут быть легко выделены. Так же было установлено, что данная реакция легко протекает при мягких условиях.

Совместная конденсация формальдегида с первичными высшими аминами была изучена при различных соотношениях амина. Так, при взаимодействии эквимольных количеств формальдегида и высших первичных аминов образуются алкиламинометанола с высокой равновесной конверсией (рис. 1).

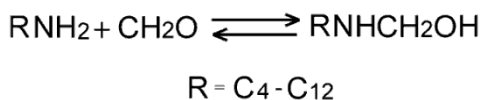


Рис. 1. Взаимодействие формальдегида с высшими первичными аминами (эквимольно)

Смешивание при температуре 0-20°C формалина (37% раствор формальдегида в воде) с двукратным избытком амина приводит к образованию алкилдиаминов (рис. 2).

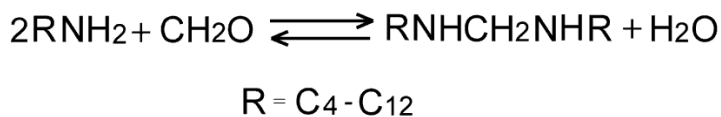


Рис. 2. Взаимодействие формальдегида с двукратным избытком амина

Таким образом, подобранные условия позволяют достигать высоких равновесных конверсий (порядка 90%), а также получать N-алкиламинометанола с высокими выходами.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-33-01021.

-
1. **Kaczorowski, M.** Reactive surfactants – chemistry and applications Part I. Polymerizable surfactants / M. Kaczorowski, G. Rokicki // Polimery. – 2016. – Vol. 11-12. – P. 747-757.

УДК 665.12: 54.057

ШИРШИН К.К., ЕРШОВ Д.А.

НЕКОВАЛЕНТНЫЙ ОРГАНОКАТАЛИЗ РЕАКЦИИ АМИДИРОВАНИЯ МЕТИЛОВЫХ ЭФИРОВ ЖИРНЫХ КИСЛОТ ПЕРВИЧНЫМИ АМИНАМИ

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

N,N,-диметиламинопропилаиды жирных кислот, получаемые в процессе амидирования жирных кислот и их производных N,N-диметиламинопроиламином (ДМАПА), находят широкое применение в косметической, фармацевтической и нефтеперерабатывающей промышленности. Традиционно такие амиды получают амидированием жирных кислот соответствующим амином в присутствии основных и суперосновых катализаторов. Однако в по-

следнее время в качестве реагента предлагаются метиловые эфиры жирных кислот (МЭЖК). Использование МЭЖК вместо соответствующих кислот позволяет проводить процесс в более мягких условиях, т.к. в ходе процесса не образуются устойчивые соли кислот с аминами и в качестве побочного продукта выступает легкокипящий метанол, а не вода. В качестве катализаторов реакции часто используются классические катализаторы амидирования: оксиды, гидроксиды и алкоголяты щелочных металлов.

В последние годы всё чаще появляются работы, посвящённые нековалентному органокатализу различных химических реакций. Использование катализа водородными связями позволяет проводить процесс в более мягких условиях, что, в свою очередь, снижает себестоимость единицы продукта за счёт меньших затрат на энергетику. Таким образом, поиск эффективного катализатора подобного типа для реакции амидирования МЭЖК ДМАПА является достаточно актуальной задачей.

В ходе ряда экспериментов были протестированы контакты, работающие по принципу нековалентного органокатализа: первичные, вторичные и третичные аминоспирты, спирты, гликоли, глицерин, вода и т.д. Было отмечено, что существует зависимость между концентрацией катализатора, а именно ОН-групп, и скоростью реакции амидирования. Более того, характер зависимости начальной скорости от концентрации ОН-групп для многих катализаторов различен.

Механизм катализа водородными связями ОН-групп принципиально схож для любых гидроксилсодержащих соединений. Однако влияние строения аминогрупп в случае использования аминоспиртов в качестве катализаторов является актуальным вопросом. Более того, первичные и вторичные аминоспирты способны вступать в реакции амидирования и переэтерификации с исходными МЭЖК. Анализ реакционной смеси методами газо-жидкостной хроматографии и хроматомасспектрометрии позволяет отметить тот факт, что первичные и вторичные аминоспирты реагируют с исходными МЭЖК с образованием промежуточных частиц, с которыми, в свою очередь, вступает в реакцию ДМАПА. Массовая доля продуктов синтеза МЭЖК и аминоспиртов в конечном продукте не превышает 0,1%.

Различный характер зависимости начальной скорости реакции от концентрации катализаторов (моноэтаноламин и диметилэтаноламин) позволяет сделать вывод, что на скорость реакции влияет строение аминогруппы, а именно, наличие свободных протонов при аминогруппе.

Подводя итог, необходимо отметить, что нековалентный органокатализ водородными связями гидроксилсодержащими соединениями является перспективным направлением научных исследований. Применение данного вида катализа в реакции амидирования позволяет проводить процесс в более мягких условиях и, соответственно, снизить себестоимость конечного продукта (N,N-диметиламинопропиламида жирных кислот).

УДК 66.081.6-278

ЯНБИКОВ Н.Р., АТЛАСКИН А.А., ПЕТУХОВ А.Н.,
ВОРОТЫНЦЕВ И.В., ВОРОТЫНЦЕВ В.М.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТОДА АБСОРБЦИОННОЙ ПЕРВАПОРАЦИИ В ХОДЕ УДАЛЕНИЯ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА И СЕРОВОДОРОДА ИЗ МЕТАН-СОДЕРЖАЩИХ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Традиционно для удаления кислых газов (таких как диоксид углерода и сероводород) из природного газа и биогаза применяется метод химической сорбции (в качестве абсорбента используются водные растворы аминов). К главным недостаткам этого метода можно отнести высокие капитальные и производственные затраты, низкие показатели экологической и производственной безопасности, а также необходимость проведения промежуточ-

ных технологических процедур из-за попадания воды и летучих аминов в газовый поток на этапе регенерации сорбента и деградации аминов, влекущей за собой образование химически активных веществ.

Перспективным технологическим решением является метод, основанный на мембранном газоразделении. Такой подход обладает потенциалом к применению в задачах очистки природного газа и биогаза. Однако, как правило, для достижения высоких показателей чистоты конечного продукта применяются многоступенчатые мембранные аппараты, характеризующиеся повышенной энергоемкостью и сложным аппаратурным оформлением (аппараты каскадного типа и мембранные контакторы).

Альтернативным решением, реализуемым в настоящем проекте, является метод абсорбционной первапорации с использованием ионной жидкости для селективной сорбции кислых газов. Такой подход имеет ряд преимуществ перед традиционными технологиями, а именно: процесс разделения проводится в объеме одного аппарата, а применяемые в качестве абсорбента ионные жидкости обладают высокой растворимостью кислых газов по сравнению с традиционно-применяемыми полимерными мембранами, что в результате приведет к увеличению селективности процесса.

В рамках настоящей работы была разработана экспериментальная установка для проведения оценки метода абсорбционной первапорации, включающей, в том числе и определение влияния температуры на эффективность разделения. С увеличением температуры возникают два противоположных эффекта – с одной стороны, снижается растворимость газа в абсорбенте, с другой – наблюдается рост скорости диффузии и как следствие прохождение газов через слой ионной жидкости при различных температурных режимах может сопровождаться различным влиянием факторов растворимости и диффузии на проницаемость. Данное обстоятельство является причиной для экспериментального изучения особенностей транспорта газов через ионную жидкость при различных температурных условиях с целью установления оптимальных условий, обеспечивающих максимальную селективность разделения газов. Были определены зависимости эффективности разделения бинарных газовых смесей от температуры, определены оптимальные температурные условия для удаления кислых газов из метан-содержащих газовых смесей.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-38-00846 (мол. а).

УДК 66.081.6-278

ЯНБИКОВ Н.Р., ТРУБЯНОВ М.М., АТЛАСКИН А.А.,
ВОРОТЫНЦЕВ И.В., ВОРОТЫНЦЕВ В.М., ДРОЗДОВ П.Н.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ВЕРИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА УДАЛЕНИЯ ЛЕГКОПРОНИКАЮЩИХ ПРИМЕСЕЙ В МЕМБРАННЫХ КАСКАДАХ ТИПА «МЕМБРАННАЯ КОЛОННА»

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Одним из подходов в производстве сверхчистых газов на основе мембран является концепция непрерывной мембранной колонны, которая принципиально повторяет традиционные дистилляционные колонны. Газовая смесь в таком аппарате разделяется непрерывно, создавая два противоточных контура, один из которых постоянно обогащается легкопроникающим компонентом через высокопроизводительную мембрану. Основной целью настоящего исследования было детальное экспериментальное изучение и сравнение различных конфигураций мембранного каскада (двух- и трехмодульных (МК и ТМК)), с оригинальной непрерывной мембранной колонкой (НМК), предложенной Хвангом в задачах глубокой очистки газов. Большое значение имеет всестороннее изучение поведения устройств в безотбор-

ном и близком к безотборному режимам, а также определение наиболее оптимальных условий проведения процесса.

Экспериментальное исследование проводилось с использованием трех различных бинарных газовых смесей, состоящих из труднопроникающего основного компонента и легкопроникающей примеси с низкой, средней и высокой селективностью для выбранной мембраны при перепаде давления 120 ± 5 кПа. Были выбраны три модельные газовые системы: метан / диоксид углерода, азот / закись азота и азот / ацетилен для разделения на коммерчески доступной эластомерной поли(диметилсилоксановой)-поли (дифенилсилилсвеоксановой) мембране (ЛЕСТОСИЛ™) с идеальной селективностью 2,5, 15,7 и 94,3 соответственно. Газовые смеси были приготовлены стандартным волюмометрическим методом. Исходное содержание примеси составляло $(1 \pm 0,05)\%$ об.

Экспериментальная установка, предназначенная для оценки эффективности разделения, изучения поведения и сравнения различных конфигураций мембранных каскадов оборудована вакуум-компрессором KNF и двумя газовыми хроматографами ГХ / ДТП и ГХ / ГРИД для анализа состава отбираемых потоков и внутреннего контура аппарата. Ключевым компонентом установки является радиальный противотоковый мембранный модуль.

Оценка и сравнение эффективности непрерывной мембранной колонны, предложенной Хвангом с конфигурациями МК и ТМК мембранного каскада была выполнена при одинаковых условиях и для одинаковых газовых систем. Было показано, что эффективность НМК намного ниже чем продемонстрированная конфигурацией ТМК мембранного каскада, особенно для газовых систем с закисью азота и ацетилена в качестве примеси. Важно отметить, что конфигурация МК также демонстрирует более высокую эффективность при сравнении с НМК учитывая равенство общей площади мембран. Было показано, что конфигурация ТМК всегда превосходит НМК относительно времени, необходимого для достижения стационарного состояния, а также наивысшая чистота конечного продукта достигается в конфигурации ТМК. Достигнутая чистота продукта составила 99,997 %об. для метана с 1 %об. содержания диоксида углерода, 99,99998 %об. для азота с 1 % об. содержания закиси азота и 99,999995 %об. для азота с 2 %об. содержания ацетилена при степени извлечения продукта 15%, 30% и 50%, соответственно.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований (РФФИ) в рамках проекта № 16-38 60174 мол_а_дк и Гранта Президента Российской Федерации (МК-2924.2017.8).

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

УДК 681.2

АБАИМОВ А.В.

МОДЕРНИЗАЦИЯ БЛОКА РУЛЕВЫХ ПРИВОДОВ

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

К летно-техническим характеристикам беспилотных летательных аппаратов (БЛА) предъявляются высокие требования. Одной из составных частей летательного аппарата, влияющих на точность данных характеристик, является исполнительный блок рулевых приводов (БРП), а его основным параметром является точность выставки заданного угла на выходном валу. От этого параметра зависит, отработка требуемой траектории движения БЛА, в составе которого используется исполнительный механизм БРП.

БРП представляет собой замкнутую систему автоматического управления (САУ). Обобщенная функциональная схема рулевого привода (РП) представлена на рис. 1. В состав схемы входят следующие функциональные блоки:

- Р - регулятор. Преобразует в соответствии со своей передаточной функцией разность задающего U_0 и выходного сигнала координаты привода U_{oc} в сигнал управления преобразователем напряжения U_y ;
- ПН - преобразователь напряжения. Управляет электродвигателем;
- ОР - объект регулирования. Включает в себя двигатель постоянного тока совместно с исполнительным органом рулевого привода.
- ДОС – датчик обратной связи. Представлен в виде потенциометрического датчика положения валов РП.

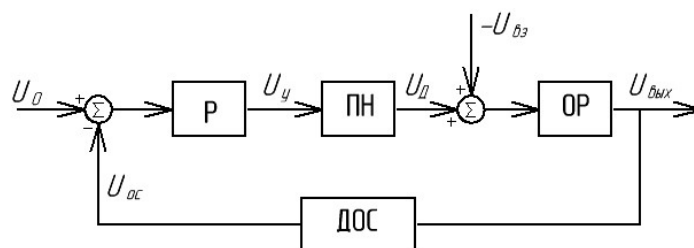


Рис. 1. Функциональная схема замкнутой САУ, с управлением по отклонению

Для достижения требуемой точности датчика положения руля БЛА предложено заменить имеющийся потенциометрический датчик однокристалльным энкодером положения, содержащим сенсорную систему на элементах Холла.

Для проведения сравнительного анализа точности датчиков были разработаны и проанализированы математические модели потенциометрического датчика и магнитного энкодера положения. По полученным данным моделирования видно, что магнитный энкодер положения имеет более низкую дискретность и, соответственно, высокую точность.

На следующем этапе для расчета и анализа точности выставки угла на выходном валу потребовалось исследовать систему автоматического управления в целом с уже составлен-

ными математическими моделями датчиков положения. В системе имитационного блочного моделирования Simulink была разработана математическая модель БРП, включающая в себя систему дифференциальных уравнений, характеризующих зависимости координат от внешних воздействий и друг от друга.

Проведенный анализ математической модели БРП с двумя вариантами датчиков показал, что САУ с датчиком положения выходного вала в виде абсолютного энкодера положения имеет улучшенные выходные характеристики, такие как точность выставки угла, линейность и быстродействие рулевого привода.

УДК 621.43

БОГОЛЕПОВА Е.С., СИДОРОВ В.В.

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО КЛАПАНА

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

Автоматические тормоза подвижного состава должны обеспечивать безопасность движения поездов, обладать высокой надежностью и безотказностью действия в любых условиях их эксплуатации (высокие скорости движения, плохие погодные условия, круглосуточная работа, большие веса поездов и др.).

В качестве основных управляющих элементов в пневматической системе используются клапана. Они делятся на механические и электрические. Основное преимущество электрических клапанов – возможность регулировки запорного усилия, за счет подачи тарированного напряжения на рабочую обмотку статора.

В исходном состоянии электромагнитный клапан обесточен. Под действием пружины и сжатого воздуха якорь с уплотнителем поджат. Фланцы разобщены. При подаче тока на втягивающую обмотку происходит смещение якоря с уплотнителем и сжатие пружины – электромагнитный клапан открывается, и сжатый воздух вместе с конденсатом из патрубка входного проникает в патрубок выходной. При снятии тока с втягивающей обмотки якорь с уплотнителем под действием пружины и сжатого воздуха возвращается в исходное состояние – электромагнитный клапан закрывается.

Электромагнитный клапан содержит фланцы, между которыми в гильзе помещены якорь с уплотнителем, поджатый пружиной, и шайба. Снаружи на гильзу установлен нагревательный элемент, на который намотана втягивающая обмотка.

Основная цель работы – улучшение тяговой характеристики и быстродействия электромагнитного клапана за счет снижения магнитных потерь, без увеличения электропитания на управляющей катушке, а также создание модели расчета электромагнитного клапана, учитывающего магнитные свойства его узлов.

Так как пневматический запорный клапан не является прецизионным устройством, то заложенные в методики его расчета зависимости носят приближенный характер. Существующие модели расчета электромагнитных клапанов для пневматических систем не учитывают магнитную проницаемость корпуса, который одновременно является и магнитопроводом. Развитие систем управления привело к ужесточению требований к составным частям пневматической магистрали и появлению более узких задач при их проектировании. Основная сложность при проектировании – повышение быстродействия и тягового усилия на штоке без увеличения потребляемой электрической мощности.

Для анализа возможности повышения выталкивающего усилия уточнена математическая модель при расчете индукции: добавлено слагаемое, которое учитывает магнитное сопротивление материала магнитопровода.

Анализ нового коэффициента показывает не только на необходимость выбора материала с минимальным магнитным сопротивлением, но и позволяет оптимизировать форму магнитопровода для снижения магнитного сопротивления.

Сравнение результатов расчетов по классической и предлагаемой методикам показывает, что тяговая и механическая характеристики клапана не изменяются качественно, изменяются только их количественные оценки, т.е. данная методика может быть применена при модернизации уже существующих электромагнитных клапанов без изменения их динамических свойств (быстродействия).

С использованием разработанной методики был модернизирован электромагнитный клапан пневматической тормозной системы подвижного состава. В качестве материала корпуса был выбран сплав 72НМДХ, обладающий низким магнитным сопротивлением и повышенной коррозионной стойкостью.

Применение данного материала с незначительным изменением геометрических размеров корпуса позволило повысить развиваемое тяговое усилие на 15%.

УДК 681.58, 004.942

БОРИСОВ С.А., ЗАЙЦЕВА А.С., ВОЛКОВ Н.В., ГУСЬКОВ А.А., ГАЙНОВ С.И.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ДАТЧИКА УГЛОВЫХ СКОРОСТЕЙ В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ *MATLAB*

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

Повышение точности электромеханического датчика угловых скоростей (ДУС) возможно после подробного анализа источников погрешности. Основные влияющие факторы достаточно изучены. Однако многие из них определяются конкретным конструктивным и схемным исполнением ДУС, и поэтому реакция на известные источники возмущений не всегда очевидна. В этой связи представляет интерес исследования реакции ДУС на различные влияющие факторы с помощью математического моделирования конкретной модели.

В данной работе рассмотрена математическая модель высокодиапазонного жидкостного электромеханического ДУС с отрицательной обратной связью в программной среде *MatlabSimulink*, включающая модели следующих влияющих факторов: моментов трения покоя и движения, моментов небаланса, моментов тяжения токоподводов, момента магнитного регулирующего устройства.

Для реализации отмеченных влияющих факторов в среде *MatlabSimulink* были разработаны модели входных воздействий (рис. 1, рис. 2) в виде моментов, приложенных к выходной оси ДУС.

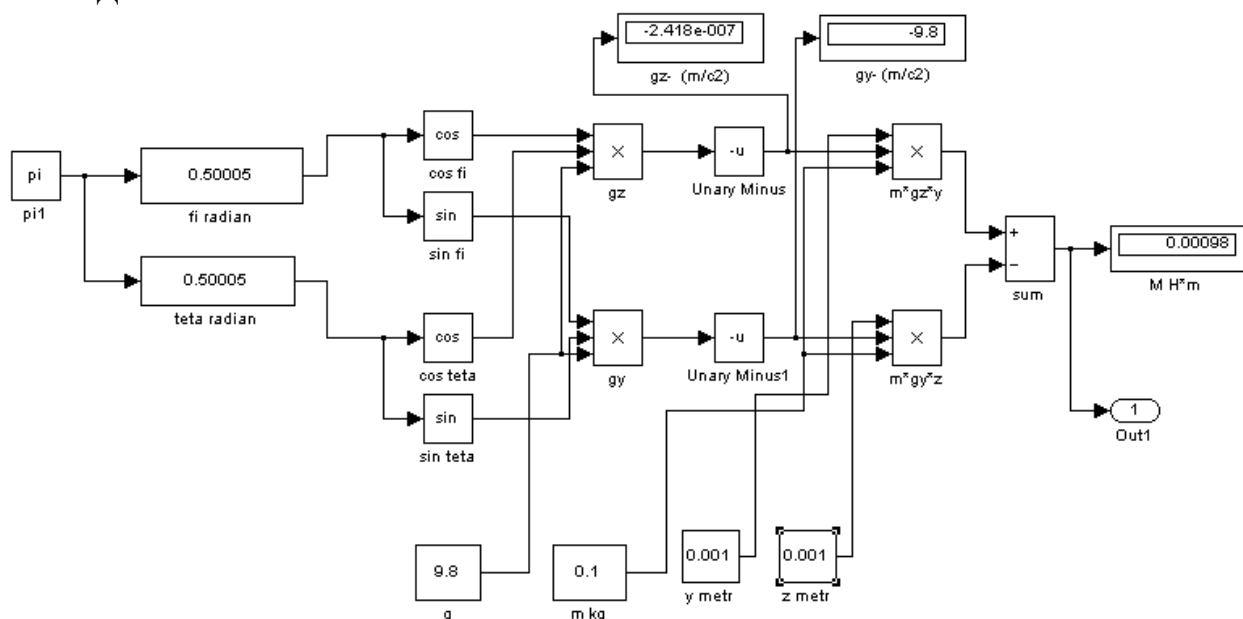


Рис. 1. Математическая модель момента небаланса

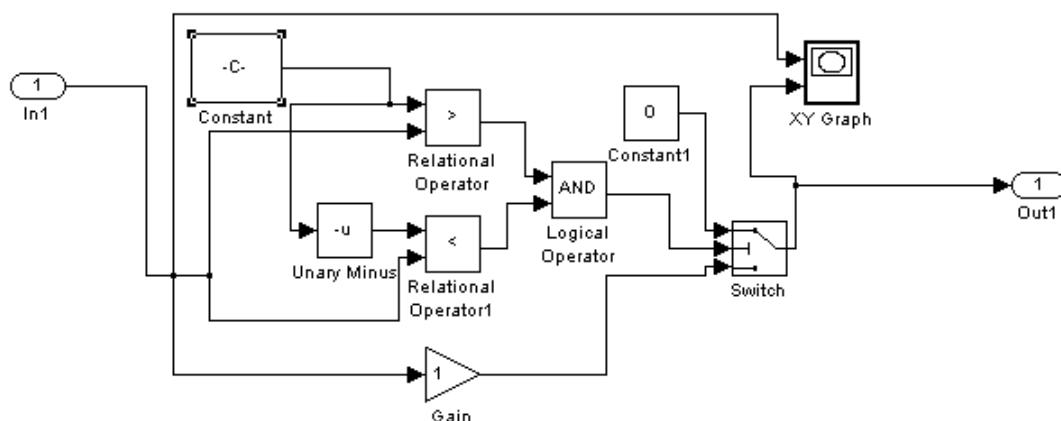


Рис. 2. Математическая модель момента трения покоя

Результаты моделирования определили величины «нулевых» сигналов, в частности от моментов небаланса - 0,5 мкА, от моментов трения - 0,2 мкА.

УДК 535.243

ВАРГАНОВ И.С.

КОНТРОЛЬ ГЕРМЕТИЧНОСТИ НЕ-НЕ КОЛЬЦЕВЫХ ЛАЗЕРОВ ДЛЯ ГИРОСКОПОВ МЕТОДОМ ЭМИССИОННОГО СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА

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

Данный метод контроля герметичности необходим в производстве лазерных гироскопов, он позволяет получить информацию о значениях как полного давления, так и парциальных давлений газов рабочей смеси в оптических резонаторах ЛГ (лазерного гироскопа), в частности, для анализа состава примесей.

Современные ЛГ содержат вакуумированный объём, в процессе работы с которым должна обеспечиваться неизменность состава газовой среды внутри полости оптического резонатора. Поэтому вакуумные соединения должны обеспечивать герметичность и газонепроницаемость прибора на всём периоде его эксплуатации. В настоящее время гелиевые течискатели позволяют регистрировать поток натекания до 10^{-9} Па*м³/с.

Для определения полного давления газовой смеси He и Ne применяется метод спектрального анализа газовых смесей. Метод основан на существующей зависимости, между интенсивностью спектральных линий определяемого элемента и его концентрацией в исследуемом приборе, это позволяет регистрировать поток натекания 10^{-14} Па*м³/с, что в свою очередь соответствует высоким требованиям герметичности.

Регистрация и анализ спектральной смеси газоразрядного прибора осуществляется с помощью спектрографа Shamrock 750 оснащённого светочувствительной ПЗС матрицей (прибора с зарядовой связью). Обработка полученных результатов проводится с помощью специализированного программного обеспечения AndorSolis.

Благодаря такому подходу, сокращается время регистрации, необходимое для определения герметичности приборов, отсоединённых от вакуумного поста, пока примесные газы не успели поглотиться катодом.

Решение поставленной задачи достигается за счет того, что в известном способе контроля герметичности отсоединённых от вакуумного поста моноблочных He-Ne лазеров методом эмиссионного спектрального анализа, для оценки герметичности применяют, выбор аналитических пар спектральных линий пробного и рабочего газов для оценки концентрации пробного газа и определения калибровочной зависимости концентрации искомой смеси.

В качестве пробного применяется газ, который не является рабочим газом для данного лазера. Данный газ в выбранной спектральной области должен иметь линии, не перекрыва-

вающиеся линиями основных газов или примесных газов (N_2 , CO , H_2 , CO_2 , O_2) и обладающий высокой интенсивностью при низких концентрациях пробного газа.

Реализация предложенного метода происходит следующим образом. Для выбранного газа определяют аналитическую пару, по которой будет проводиться оценка парциального давления пробного газа в рабочей смеси газового лазера. Например могут использоваться аналитические пары аргон-гелий $Ar_{(419,1)}/He_{(396,4)}$ нм и аргон-неон $Ar_{(811,5)}/Ne_{(724,5)}$ нм. Проведение вакуумно термической обработки генератора (ВТО) и регистрация спектра разряда в He-Ne с примесным содержанием Ar с минимально низкой концентрацией (до 0,02 мбар), выполняется с повышением примесного содержания аргона и увеличением концентрации с шагом по 0,01 мбар до величины 0,1 мбар. Регистрируя спектры излучения моноблочного газового лазера с известным парциальным давлением пробного и рабочего газа, определяют относительную интенсивность данной аналитической пары для исследуемых смесей и строят искомую калибровочную зависимость.

УДК 629.7

ГАРЦЕВ Д.С.

БЛОК АКСЕЛЕРОМЕТРОВ ДЛЯ БИНС

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

Блок акселерометров в составе БИНС предназначен для измерения кажущегося линейного ускорения по трем ортогональным осям. При этом выходная информация должна иметь цифровой вид по протоколу RS-232. Его разработка должна основываться на современных технологиях, таких как МЭМС, которые позволят обеспечить высокую точность получаемых элементов и стабильность выходных характеристик за счет применения кремния как конструкционного материала.

Конструктивно блок акселерометров представляет собой моноблок, в состав которого входят: три чувствительных элемента, плата аналогового преобразования, плата цифрового преобразования.

Блок акселерометров может быть построен по схеме измерения ускорения с использованием маятникового чувствительного элемента и с актюатором магнитоэлектрического типа. Введение актюатора позволяет повысить точность измерения и расширить диапазон измеряемых величин. Однако точность выходного параметра повышается и за счет введения внутренней алгоритмической компенсации погрешностей. Такая компенсация повышает технологичность изготовления блока. Структурная схема блока представлена на рис. 1.

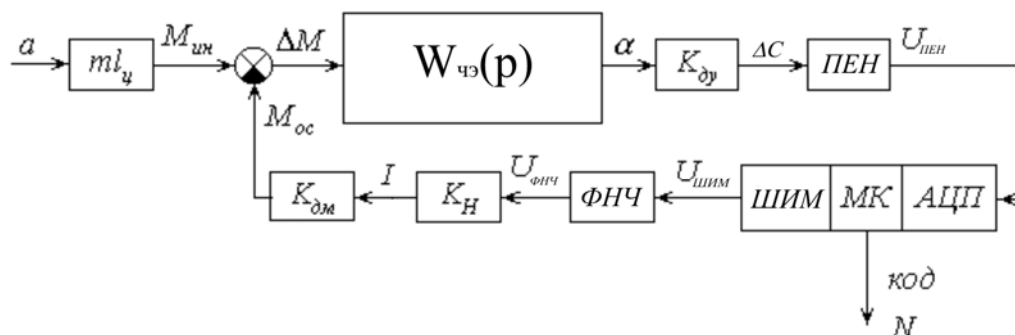


Рис. 1. Структурная схема БА

В состав блока акселерометра помимо первичного преобразователя и актюатора входят: аналого-цифровой преобразователь (АЦП), широтно-импульсный модулятор (ШИМ) и микроконтроллер (МК). Встроенный в микроконтроллер АЦП принимает аналоговые сигналы, пропорциональные измеряемому ускорению, с трех чувствительных элементов, а так же

аналоговый сигнал с датчика температуры, который присутствует в блоке электроники. Оцифрованные в АЦП сигналы обрабатываются «прошитым» в постоянном запоминающем устройстве (ПЗУ) микроконтроллера специальным программным обеспечением. Микроконтроллер предназначен для формирования цифрового сигнала и выдачи его внешнему потребителю в соответствии с протоколом обмена по RS-232, обработки измеренной информации в соответствии с алгоритмами компенсации погрешностей.

Для замыкания отрицательной обратной связи микроконтроллер формирует сигнал ШИМ и «знаковый» сигнал, которые вместе формируют сигнал пропорциональный входным сигналам, поступающим на АЦП. Сигнал ШИМ с управлением «знаковым» сигналом поступает на фильтр ФНЧ, который преобразует ШИМ сигнал в сигнал постоянного уровня. Схема ключей в зависимости от знака подает сигнал на входы дифференциального прецизионного усилителя. Окончательное усиление формируется усилителем мощности, собранным по биполярной схеме на двух мощных транзисторах.

Чтобы улучшить динамические характеристики, в состав электронного блока введено корректирующее звено. А если БИНС работает в условиях значительных вибраций, блок акселерометров нужно устанавливать на амортизационное основание.

УДК 629.7

ДЁМИНА Т.С.

АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПРИВОДА

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

В современных летательных аппаратах всё больше применяются электромеханические приводы, которые в ближайшем будущем смогут заменить гидравлические и пневматические аналоги. Электромеханический привод (ЭМП) преобразует электрическую силу в механическую. Функциональный состав ЭМП объединяет в себе электромеханический исполнительный механизм, датчик положения выходного звена, блок управления электроприводом. Электромеханический исполнительный механизм состоит из бесконтактного электродвигателя, датчика положения ротора и планетарной ролико-винтовой передачи. В докладе представлены описание и расчет механических показателей ЭМП, а также анализ динамики привода.

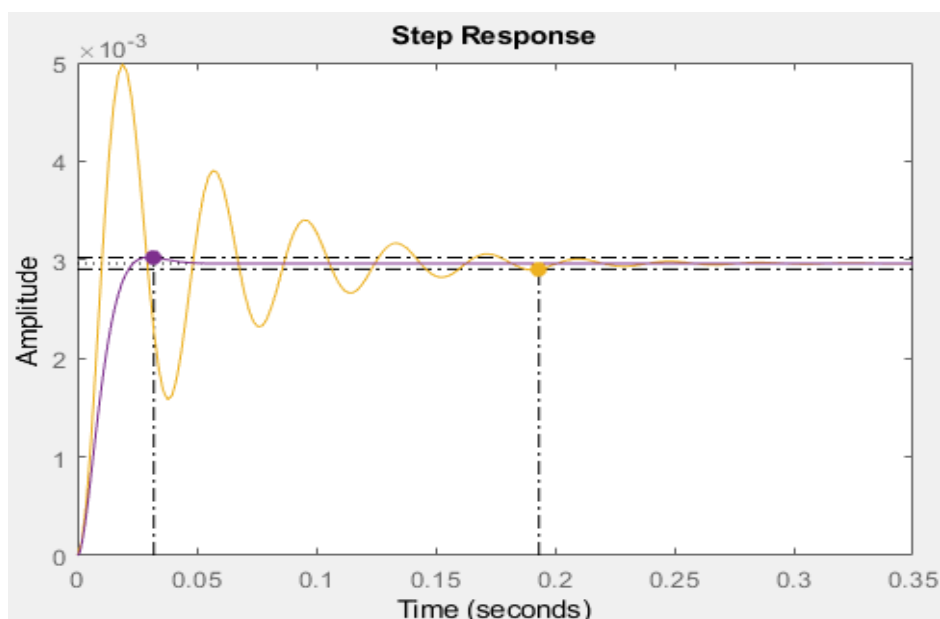


Рис. 1. Переходные процессы привода без коррекции и с коррекцией АКУ

Для обеспечения требуемых показателей динамики привода необходимо гарантировать динамические качества объекта в целом, и в пределах заданных норм, в частности, соответствующую (малую) инерционность привода. На основе физического анализа протекающих процессов в приводе была построена структурная схема электромеханического привода и определены передаточные функции звеньев схемы. С помощью пакета Matlab был построен переходный процесс привода (рис. 1). В связи с большой величиной колебательности, чему причиной является слабое демпфирование за счет наведенной противоЭДС в обмотках ротора, было применено электрическое активное корректирующее устройство (АКУ) в виде форсирующего звена первого порядка.

Определение оптимального значения постоянной времени активного корректирующего устройства по критерию минимума времени переходного процесса проведено на машинной модели.

В докладе приводятся структурная схема привода, передаточные функции звеньев и схема машинного эксперимента.

УДК 004.5

ДЕМАХИН В.П., ТОКАРЕВ С.В.

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА
ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ И ТЕСТИРОВАНИЯ СОТРУДНИКОВ УРОВНЯ
ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ
ПРОЦЕССАМИ ПРЕДПРИЯТИЯ ХИМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ**

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

Автоматизированная система управления производит сбор, обработку информации о протекании технологического процесса и использует ее для управления процессом [1]. Поскольку диспетчер является основным действующим лицом в управлении технологическим процессом, необходимо обучать его взаимодействовать с АСУТП.

Для проведения компьютерного обучения и тестирования диспетчера необходимо разработать эквивалент действующей системы верхнего уровня. Задачи, которые требуется решить, чтобы достичь поставленной цели: разработка системы визуализации технологического процесса; построение математической модели технологического процесса; анализ возможных внешних ситуаций, влияющих на технологический процесс; разработка системы противоаварийной защиты.

Комплекс состоит из двух станций диспетчерского управления на основе ПК: станции тестируемого и станции тестолога. Для имитации управления технологическим процессом, на станции тестируемого используется SCADA-система. На станции тестолога установлено программное обеспечение, позволяющее вносить изменения в состояние модели технологического процесса, запускать имитации аварий, оценивать правильность и быстроту принятых диспетчером решений по устранению аварийных ситуаций. Оценивается корректность принятых решений, не усугубляют ли они аварийную ситуацию. При использовании компьютерных тренажеров для обучения диспетчеров организуется система повышения квалификации персонала при помощи тренажерного комплекса с возможностью имитации работы, максимально приближенной к реальным условиям, без экспериментов на реальном объекте.

1. Селевцов, Л. И. Автоматизация технологических процессов: учебник / Л. И. Селевцов. – М.: Издательский центр "Академия", 2014. – 352 с.

**МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ
ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Современное технологическое оборудование обладает широким набором различных датчиков, сенсоров, измерителей. При этом информация, которую эти датчики генерируют, используется предприятиями лишь на 5–10%. Оставшаяся часть необработанных данных представляет большую ценность для предприятий, заинтересованных в максимально эффективном использовании имеющихся у них ресурсов. При анализе ситуации на производстве, поиске причин брака и закономерностей, решении оптимизационных задач необходимо собрать и сопоставить между собой отчеты совершенно разнородных систем. На сопоставление данных этих отчетов может уйти много времени и поставленная задача может оказаться уже не актуальной. Применяя технологии обработки больших данных и анализируя весь массив поступающей с различных датчиков неструктурированной информации, мы можем проводить комплексную диагностику технического состояния оборудования, тем самым предотвращать внеплановые простои, поломки оборудования, сократить время внепланового техобслуживания. Данная технология позволяет приводить получаемые данные в единое пространство, что помогает принимать управленческие решения для развития производства [1].

В настоящее время существует три подхода к работе с большими данными: MapReduce, NoSQL и обработка потоков событий в реальном времени. Однако существуют и отечественные решения анализа больших массивов данных. Так, компания «ДАТА-ЦЕНТР Автоматика» разработала проект по созданию информационного единства неструктурированных данных всех уровней управления современным металлургическим производством на АС СКП «Технология» под названием «EXPERT BASE». Разработанная система, используя подходы по обработке больших данных, применяется как для оценки текущего производства и выявления причин бракованной продукции, так и для поиска способов оптимизации производства [2]. Под последним понимается процессы изменения нормативных документов по отбраковке изделий, а также маршрутных и операционных карт, в логистике перемещения материалов.

Связи между данными из разнородных источников строятся при помощи построения производственной генеалогической цепочки, которая основана на понятии «объект» и связях между объектами. Все источники данных четко привязываются к «объектам». На предприятии создаются справочники, в которых хранится информация о всей иерархии цехов, агрегатов и процессов. Аналогично создаются справочники источников данных и коннекторов. В итоге, в системе возникает определенный граф производства, в котором все объекты связаны между собой. Этим функционалом и реализуется приведение неструктурированных данных из разнородных источников в единое пространство. В данной системе применяются методы интеллектуального анализа данных: построение ассоциативных правил, построение деревьев решений, кластерный анализ, построение математических функций.

Библиографический список

1. **Манцеров, С.А.** Развитие метода анализа больших данных промышленного предприятия / С.А. Манцеров, А.Ю. Панов, К.В. Ильичев, И.В. Гусев // Высокие технологии атомной отрасли. Молодежь в инновационном процессе: XII научно-техническая конференция, 14-16 сентября 2017.
2. Технология Big Data в металлургии [электронный ресурс] // dc.ru: ДАТА-ЦЕНТР Автоматика. URL: http://www.dc.ru/activities/asu_tp/big_data (дата обращения: 02.06.2017).

ИЛЬИЧЕВ К.В., МАНЦЕРОВ С.А.

РАСПРЕДЕЛЕННАЯ СИСТЕМА СБОРА И ПОДГОТОВКИ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ УДАЛЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

За относительно короткий промежуток времени программное обеспечение претерпело колоссальные изменения, пройдя путь от простейших арифметических программ до комплексных информационных систем, функционирующих на огромных предприятиях. Внедряя различные современные информационные технологии и применяя передовые подходы предприятия получают возможность качественно улучшить свои производственные показатели.

Нельзя не отметить важность развития технических и программных средств разрабатываемых для автоматизированных систем управления технологическим процессом (АСУ ТП) на промышленных предприятиях. Так была разработана концепция создания современной подсистемы сбора и подготовки информации для обеспечения удаленного управления в рамках общей системы диспетчерского контроля и сбора данных (SCADA-системы). В данном проекте был применен промышленный коммуникационный стандарт Object Linking and Embedding (OLE) for Process Control (OPC). Согласно которому программная связь с нижним уровнем в иерархической структуре АСУ ТП (различными датчиками, исполнительными устройствами) осуществляется через специальные драйверы, при этом межпрограммные связи реализуются через интерфейсы OLE. Передача информации между устройствами связи с объектом и клиентскими компьютерами производится при помощи промышленной сети, которая позволяет объединить каждый контроллер в единую систему, реализуя возможность обмениваться данными между собой, а также использовать вычислительные ресурсы центрального сервера. При этом отпадает необходимость индивидуальной настройки драйверов под каждое аппаратное средство. На верхнем уровне располагается подсистема SCADA, функционирующая как OPC-клиент, а на нижнем уровне контроллеры, модули ввода-вывода, датчики и исполнительные устройства со стандартным OPC-сервером [1].

Для удаленного управления системой через интернет SCADA-пакет разделён на две части: серверную и клиентскую. Клиентская часть представлена в виде веб-страницы в браузере, находящейся на сервере, а так же в виде специального приложения с доступом к серверу.

Обмен данными между клиентом и сервером осуществляется в виде Simple Object Access Protocol (SOAP) сообщений, использующие протокол HyperText Transfer Protocol Secure (HTTPS). Находящиеся на разных компьютерах процессы, взаимодействующие между собой независимо от платформы на которой они реализованы, могут быть активизированы SOAP. В целях обеспечения безопасности передачи информации применяется метод шифрования данных Secure Sockets Layer (SSL). Посредством SSL-протокола данные передаются в закодированном виде по HTTPS и расшифровать их можно только с помощью специального ключа. SSL протокол осуществляется на сеансовом уровне, который отвечает за создание и закрытие сеанса связи между различными точками. Также для работы данного протокола на сервере был установлен SSL-сертификат, благодаря которому осуществляется уникальная цифровая подпись веб-сайта.

-
1. **Манцеров, С.А.** Система сбора и подготовки диагностической информации для удаленного использования / С.А. Манцеров, К.В. Ильичев, А.М. Бремзен // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2017. – №4 (119). – С. 37–44.

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева¹
ООО «Газпром трансгаз Нижний Новгород»²

В данной работе рассматривается проблема оценки и управления техническим состоянием (ТС) различного промышленного оборудования. Актуальность проблемы вызвана существенным повышением уровня требований к надёжности объектов промышленных предприятий, старением существующих производственно-технологических комплексов и соответственно сложностью систематизации разнородной диагностической информации для принятия решений. Из-за этого возникает потребность в разработке универсальной автоматизированной информационной системы основанной на методе оценки технического состояния разнообразных объектов промышленности. В связи с многообразием факторов, влияющих на техническое состояние технологического оборудования, в качестве комплексного показателя применяется индекс технического состояния (ИТС), методика расчета которого основана на математическом аппарате нечетких множеств. Таким образом проводится оценка технического состояния, основанная на системе показателей, конфигурация которой связана со структурой оборудования.

В качестве базового метода моделирования применяется декомпозиция с использованием иерархий, то есть оценка ТС основывается на системе показателей, конфигурация которой связана со структурой оборудования. Каждая система (комплекс оборудования) рассматривается как набор элементов, не связанных между собой. Вся система разбивается на подсистемы, подсистемы – на элементы. После структурирования оборудования для каждого элемента выделяются параметры, по которым будет вестись оценка его технического состояния. Количественной оценкой ТС оборудования является безразмерная числовая величина ИТС. Величина ИТС характеризует состояние объекта с точки зрения соответствия его параметров нормативным (номинальным) значениям.

Описанный метод оценки и управления ТС оборудования был реализован в разработанной информационной системе принятия решений для повышения надежности промышленного оборудования под названием «iIndex 1.0». Функционал данной информационной системы позволяет систематизировать разнотипную информацию по единице оборудования (объекту), группе однотипных объектов, а также системе в целом. Лицо, принимающее решение, в зависимости от того, на каком участке предприятия оно работает и на какой должности (инженер, начальник службы, генеральный директор и пр.), обладает возможностью получения информации об объектах, находящихся на любых иерархических уровнях. Возможно получить как данные о параметрах объекта, находящемся на самом нижнем уровне, так и информацию о техническом состоянии всего эксплуатируемого оборудования в целом. ИТС является понятным для широкого круга работников предприятия показателем технического состояния объекта.

Библиографический список

1. **Гаврилюк, Е.А.** Комплексная оценка технического состояния систем автоматического управления газоперекачивающими агрегатами / Е.А. Гаврилюк, С.А. Манцеров, С.Г. Синичкин // *Фундаментальные исследования*. – М.: Издательский Дом «Академия Естествознания». – 2014. – № 11. – С. 2141–2145.
2. **Гаврилюк, Е.А.** Методика оценки технического состояния систем автоматического управления газоперекачивающими агрегатами / Е.А. Гаврилюк, С.А. Манцеров, С.Г. Синичкин // *Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева*. – Нижний Новгород: НГТУ. – 2014. – № 5 (107), специальный выпуск. – С. 191–194.

РАЗРАБОТКА ДАТЧИКА ДРТ НА ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЕ

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

В основе работы представлен датчик-реле температуры производства ООО «ТРАНС-АВИА» г. Арзамаса. Датчик - реле температуры ДРТ предназначен для контроля температуры жидкости, газообразных невзрывоопасных сред и выдачи сигнала о превышении (снижении) порогового значения температуры – замыканием (размыканием) контактов реле в систему сигнализации, защиты и управления компрессорными агрегатами, блоками осушки сжатого воздуха. Данный датчик применяется в железнодорожном и городском транспорте.

Разработана новая электрическая схема на основе отечественных элементов и характеристик, присущих датчику. Для ввода в производство необходимо провести испытания ДРТ на надежность. После проверки определяется суммарная наработка (t_{Σ}). Результаты испытаний считаются положительными, если суммарная наработка достигнет максимального значения, а число отказов не превышает одного.

Для сравнения, испытания проводились на схожем датчике иностранного производства ЭРИ.

Анализ результатов приборов, привели к решению использовать отечественные элементы, которые подходят по параметрам. Согласно проведенным исследованиям, ЭРИ не устойчивы к климатическим внешним воздействующим факторам (ВВФ), предъявляемым к ДРТ, как по минусовым, так и положительным температурам и не проходят по электрическим параметрам и коэффициентам нагрузки

После проверок определяется точность температурных установок ДРТ (погрешности опорных напряжений) и устанавливаются абсолютные погрешности контроля температуры ДРТ. Стойкость ДРТ на воздействие механических факторов подтверждают испытаниями на виброустойчивость и на ударную прочность. Испытание на виброустойчивость проводят по ГОСТ 28203, с помощью специального приспособления, закрепленного на вибрационной установке. Стойкость ДРТ на воздействие климатических факторов подтверждают испытаниями при пониженной и повышенной рабочих температурах, на воздействие инея с последующим оттаиванием и на воздействие пониженного атмосферного давления.

Все испытания новый датчик-реле температуры прошел успешно.

Библиографический список

1. Web-ресурс сети Интернет [сайт]. URL: <https://ru.wikipedia.org>. Статья «Arduino».
2. Web-ресурс сети Интернет [сайт]. URL: <https://temperatures.ru>. Статья «Интегральные датчики температуры».
3. **Willemer, H.** Measurement of temperature, ice evaporation rates and residual moisture contents in freeze-drying. // Dev. Biol. Stand. – 2013.

ОБЗОР ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СИСТЕМЫ КАСКАД-САУ

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

По современной терминологии программный комплекс Каскад-САУ относится к SoftLogic/SCADA системам. Как и во всех популярных SCADA, в Каскад-САУ есть такие функции, как мнемосхемы с поддержкой анимации, система событий, тренды, архивы и отчеты. Выгодным достоинством SCADA Каскад-САУ можно назвать принцип модульности позволяющий настроить систему на выполнение только определенных функций, например, АРМ оператора

или архивного сервера. А реализация функции поддержки в рамках одного проекта распределенных систем с множеством взаимодействующих между собой контроллеров – своеобразная изюминка системы. По настоящему уникальной системой делают Каскад-САУ возможности, направленные на повышения удобства работы с системой именно со стороны инжиниринговых компаний, обслуживающего персонала и инженеров КИПиА.

Каскад-САУ поддерживает групповую разработку проекта. Это позволяет редактировать один и тот же проект одновременно нескольким пользователям: один добавляет точки ввода/вывода, другой настраивает мнемосхемы, третий разрабатывает программы технологических алгоритмов. Поэтому если в обычных SCADA системах проект разрабатывается в одиночку, то в Каскад-САУ с проектом работают несколько человек, то есть выполняют тот же объем работ в несколько раз быстрее.

Каскад-САУ позволяет выполнять безударное обновление конфигурации «на лету» без остановки работы системы. Данная функция востребована для систем с непрерывным циклом работы, когда отсутствует возможность перезагрузить работающую систему для того, чтобы, например, внести изменения в программу технологических алгоритмов или добавить новые точки ввода/вывода.

Каскад-САУ использует централизованное хранение проектов, при котором для хранения множества проектов используется один выделенный сервер. Доступ к проектам на сервере производится по сети. Такой подход значительно облегчает развертывание новых рабочих мест на объектах: достаточно установить программное обеспечение Каскад-САУ и указать в настройках рабочего места путь к проекту на сервере. В Каскад-САУ нет необходимости, копировать файлы проекта на новое рабочее место или открывать общий доступ к папкам, снижая безопасность системы

Еще одной уникальной особенностью Каскад-САУ является двухступенчатый механизм изменения конфигурации проекта. В проекте Каскад-САУ одновременно хранится две конфигурации: предварительная и рабочая. Изменения вносятся в предварительную конфигурацию. По окончании изменений предварительная конфигурация копируется в рабочую, которая затем используется для загрузки в систему. Это позволяет на объектах вносить изменения непосредственно в рабочий проект и откладывать их применение, например, до плановой остановки системы или проведения работ по техобслуживанию. Если в какой-то момент потребуется перезапуск системы, то из проекта будут загружена последняя, заведомо рабочая конфигурация, но не сделанные предварительные изменения.

Библиографический список

1. **Мочалов, Р.М.** «Каскад-САУ - удобная SoftLogic/SCADA система // Журнал «ИСУП». – 2012. – №3(39). – С. 22–23.
2. <http://tersy.ru>

УДК 681.2

КУДРЯВЦЕВ А.В.

МОДУЛЬ УПРАВЛЕНИЯ

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

Железнодорожный комплекс имеет особое стратегическое значение для России, он является связующим звеном единой экономической системы, обеспечивает стабильную деятельность промышленных предприятий, своевременный подвоз жизненно важных грузов в самые отдаленные уголки страны, а также является самым доступным транспортом для миллионов граждан. Для того чтобы железнодорожный комплекс работал более эффективно необходимо сократить время в пути. Одним из выходов в данной ситуации является увеличение скорости подвижного состава. Увеличение скорости грузового подвижного состава вле-

чет за собой применение более эффективного тормозного оборудования такого как, дисковые тормоза и грузовые электронные авторегуляторы.

Задачей является: увеличить надежность срабатывания тормозной системы, улучшить качество процессов управления и регулирования давления в тормозном цилиндре в зависимости от загрузки вагонов, увеличить быстродействие и точность срабатывания, повысить долговечность, легкость перенастройки системы под любой алгоритм работы, автоматическое переключение

на дублирование системы при неполадке, возможность диагностики системы и самодиагностики с выдачей на пост управления данных о работе системы.

Задача решается за счет того, что авторегулятор выполнен электронным и состоит из датчиков определения загрузки вагона, блока управления авторегулятора, исполнительной части и датчиков давления. Датчики загрузки вагона и датчики давления подключены к блоку управления авторегулятора через общую шину, выход блока управления авторегулятора подключен к входу исполнительной части, состоящей из электропневмоклапанов.

В данной ВКР была разработана технология производства модуля управления.

Был разработан технологический процесс изготовления функциональной ячейки модуля управления. Выбраны мелкосерийный тип и непоточная форма производства; проведена оценка технологичности, в ходе которой выявлено, что данное изделие технологично и может быть запущено в производство; выбран комбинированный позитивный метод изготовления печатной платы.

УДК 681.518.5

КАМЕРИЛОВА Е.А.

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ

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

Для того чтобы обеспечить соответствие выходных параметров изделия требованиям технического задания (ТЗ), в процесс его производства включается этап контроля.

Для реализации такого контроля на предприятиях приборостроительного комплекса разрабатываются автоматизированные системы контроля (АСК). Они представляют собой совокупность программно-аппаратных средств, которые позволяют выполнять целый ряд проверочных операций контролируемого объекта.

По своему типу АСК бывают универсальные и специальные.

При разработке специальных АСК учитываются особенности контролируемого объекта, и чаще всего она проектируется с нуля. Однако процесс создания такой системы является достаточно длительным и может существенно увеличить время разработки самого изделия и повысить его себестоимость.

Универсальные АСК разрабатываются к объектам, имеющим различные модификационные исполнения, т.е. такая система обладает функциональной и структурной гибкостью, позволяющей подстраивать ее состав под особенности контролируемого изделия, что оказывается достаточно перспективным в условиях серийного производства. Применение универсальной АСК позволяет значительно упростить и ускорить производственный процесс, и как следствие сократить время выхода изделия на рынок.

Процесс создания АСК проходит в несколько этапов.

Первый этап направлен на анализ ТЗ контролируемого изделия, особенностей его функционирования и эксплуатации, требований к его параметрам. На данном этапе формируется перечень необходимых проверок и испытаний, определяются точностные характеристики средств системы, типы внешних воздействующих факторов, т.е. основные требования, определяющие состав АСК.

Вторым этапом является анализ оборудования, необходимого для осуществления контроля работоспособности объекта в нормальных условиях среды и определения его технических характеристик, заданных в ТЗ. При этом может быть использовано стандартное оборудование, применяемое в рамках предприятия для контроля аналогичных параметров, что исключит дополнительные затраты.

Для проведения наиболее полной оценки характеристик объекта необходима реализация испытаний, имитирующих в помещении контрольно-испытательного цеха предприятия определенные природные (климатические) условия (давление, температура, влажность) и механические (вибрации и удары). Чаще всего для этого используют камеры тепла и холода, вибростенды, центрифуги и т.д.

Проектирование АСК связано с разработкой программного обеспечения, реализованного с использованием сред программирования, имеющихся на предприятии, а также комплексом вычислительной техники, средств ввода, вывода, обработки и хранения информации, позволяющих получать данные о контролируемых параметрах изделия в наглядном виде. Наличие вычислительной машины со специальным программным обеспечением, которая служит основным центром, осуществляющим сбор, управление и обработку информации, поступающей от контролируемого изделия, является главной особенностью АСК.

На заключительном этапе создания АСК разрабатывается комплекс приспособлений и элементов соединения, обеспечивающих механические и электрические связи.

Современные АСК, несмотря на свою сложность и многофункциональность, чаще всего являются универсальными и в своем составе используют элементную базу предприятия.

УДК 621.91:622

КОШКИН С.В., ОБУХОВ В.И.

СПОСОБ УМЕНЬШЕНИЯ ЛЮФТОВЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ В МНОГОСТУПЕНЧАТЫХ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧАХ

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

В приборостроении для преобразования вращательных движений в поступательные, или изменения числа оборотов с входного вала на выходной широко используются рычажно-тяговые, кулачковые и зубчатые передачи.

Зубчатая передача – это механизм, который с помощью зубчатого зацепления передает или преобразует движение с изменением угловых скоростей и моментов. Зубчатая передача состоит из колес с зубьями, которые сцепляются между собой. Для преобразования большой скорости вращения с входного вала на выходной вал в малую скорость вращения используются многоступенчатые редукторы.

Значительное влияние на точность многоступенчатых зубчатых передач оказывают люфтовые погрешности (мертвый ход). «Мертвым ходом» в зубчатых передачах называется отставание ведомых звеньев механизма, при изменении направления движения ведущих звеньев. При изменении направления движения, и направления действующих в кинематических парах механизма сил сопряженные звенья перемещаются в пределах зазоров и изменяют взаимное положение. Следовательно, «мертвый ход» вызывает в механизмах ошибки положения и ошибки перемещения звеньев и приводит к снижению точности механизма, а также к повышению динамических погрешностей в условиях вибраций и напряжений в его деталях.

В данной работе рассматриваются способы устранения названных погрешностей. Нами предварительно рассмотрены уже известные способы уменьшения погрешностей зубчатых передач от «мертвого хода». В частности, рассмотрены следующие способы, снижающие погрешность от «мертвого хода»: применение двойных колес с пружинами, устранение зазоров между зубьями посредством пружины, устранение зазоров между зубьями посред-

вом спиральных пружин, установление «мертвого хода» и введение соответствующих поправок и использование некоторых видов зубчатых зацеплений, которые сами по себе имеют нулевой люфт. К таким зубчатым зацеплениям относятся циклоидные зубчатые зацепления, напряженная волновая передача и шарико-винтовая передача.

Из всех перечисленных способов устранения «мертвого хода» в зубчатых передачах нами выбрана шарико-винтовая передача, которая сама по себе не имеет люфта. Шарико-винтовая передача отличается конструктивной простотой, без высоких требований к точности по сопрягаемым поверхностям. При этом отпадает необходимость вводить дополнительные пружины в конструкцию, а также не нужны никакие дополнительные расчеты, как в методе введения дополнительных поправок.

Шарико-винтовые механизмы рекомендуется применять в тех случаях, когда требуется преобразовать вращательное движение в поступательное с высоким к.п.д. ($\eta=0,90\div 0,98$), а также для преобразования поступательного движения во вращательное.

В качестве прототипа многоступенчатой зубчатой передачи был выбран электропривод, изготавливаемый серийно на АО «АПЗ». Опытным путем были измерены люфтовые погрешности данных электроприводов. Нами были произведены сравнения характеристик электроприводов с зубчатой и шарико-винтовой передачами: кинематическая схема, габаритные размеры, люфтовая погрешность, потребляемая мощность, масса, стоимость. Расчеты показали более качественные характеристики шарико-винтовых передач по сравнению с зубчатыми. Замена многоступенчатой зубчатой передачи на шарико-винтовую не потребует серьезных переделок уже изготавливаемого серийно электропривода, при этом весовые и габаритные характеристики заметно уменьшатся.

УДК 681.5

КУЛИКОВ А.С., КАРАСЕВА Т.В.

ОЦЕНКА МОДЕРНИЗАЦИИ БОРТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ТИПА АН-72

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

В настоящее время актуальной стала модернизация информационных систем на летательных аппаратах, чей летный ресурс еще не прошел. В [1] рассмотрен вариант такой модернизации для АН-72 и его модификаций. Проведенная работа позволила повысить надежность и информативность транспортного средства, однако это необходимо было оценить с помощью летных испытаний.

Предварительные летные испытания проводились в соответствии с разработанной программой, в рамках которой оценивались эргономические параметры, функциональные, информационные, параметры совместимости с ранее установленным оборудованием. Полеты по программе предварительных заводских летных испытаний самолета Ан-72 выполнялись на базе «АРЗ» днем и ночью в простых и сложных метеорологических условиях при температурах наружного воздуха от $+8^{\circ}\text{C}$ до $+2^{\circ}\text{C}$. Выполнено 6 полетов с общим налетом 17 часов 35 минут. Перерывов в наземных и летных испытаниях не было.

Анализ полученных результатов в рамках летных исследований показал следующее.

По качественной оценке самолет Ан-72 по характеристикам устойчивости и управляемости, нагрузкам и запасам в органах управления на проверенных режимах не отличается от серийных самолетов данного типа. Параметры работы силовой установки, систем самолета находились в пределах эксплуатационных ограничений. Штатное и вновь установленное оборудование работоспособно, случаев отказов на земле и в полете не выявлено, удобство пользования и досягаемость пультов и органов управления вновь установленного оборудования с рабочих мест экипажа в основном обеспечивается, за исключением: расположения

пульта СН-4312-03 системы навигации, не обеспечивающего взаимоконтроля и доступа к нему командиром экипажа.

Метеорадиолокатор «КОНТУР 10Ц» в режиме «МЕТЕО» и «МЕТЕО ВП» обеспечивает обнаружение кучевой, кучево-дождевой облачности в режиме автоматического управления углом наклона зеркала антенны с последующим переходом в ручной режим для получения оптимального радиолокационного изображения. Визуально наблюдаемые контуры, формы и размеры облачности в основном соответствуют радиолокационному изображению на экране многофункционального индикатора. Ведение радиолокационной ориентировки в целях воздушной навигации в режиме «ЗЕМЛЯ» затруднено по причине низкого качества радиолокационного изображения. По качественной оценке в проверенных условиях вновь установленное оборудование работоспособно и обеспечивает с учетом замечаний безопасное выполнение испытательных полетов.

Функционирование системы «летный экипаж - самолет» обеспечивает безопасное решение всего диапазона задач, предусмотренных для самолета Ан-72 с необходимым качеством и с допустимой психофизиологической напряженностью. Эргономическая оценка размещения и досягаемости органов управления и обзора на рабочих местах членов летного экипажа в штатном полетном обмундировании положительная. Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что проведенная модернизация достигла поставленной цели.

-
1. **Куликов, А.С.** Модернизация бортового оборудования летательных аппаратов типа Ан-72 и его модификаций / А.С.Куликов, Т.В. Карасева // Наука молодых: сборник научных статей по материалам X Всероссийской научно-практической конференции – Электрон. дан. – Арзамас, Ассоциация ученых г. Арзамаса; Н. Новгород: Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева, 2017. – 359–367 с.

УДК 681.58

ЛЯПКИНА М.В., ТРОШКИНА Л.В., ГУСЬКОВ А.А.

МАЛОГАБАРИТНЫЙ ГИРОСКОП С СОВМЕЩЕННЫМ ДАТЧИКОМ УГЛА И МОМЕНТНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ

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

Постоянно возрастающие требования к точностным и эксплуатационным характеристикам гироскопических стабилизаторов побуждают разработчиков к поиску новых идей, позволяющих повысить точность индикации и измерения угловой скорости движения объекта в пространстве.

В качестве чувствительных элементов индикаторных малогабаритных гиросtabilизаторов широко применяются гироскопы на сферической шарикоподшипниковой опоре (СШО). Использование единой сферической шарикоподшипниковой опоры в таких гироскопах позволяет исключить из конструкции карданов подвес, тем самым уменьшить габариты гироскопа и уходы, вызванные вредными моментами трения в опорах, так как момент трения в СШО направлен противоположно вектору относительной угловой скорости вращения колец шарикоподшипника и практически не проектируется на оси чувствительности гироскопа.

Целью работы является исследование возможности создания гироскопа на СШО с линейным датчиком момента и индукционным датчиком угла, функционально объединенными в один конструкционный узел, что позволит обеспечить повышение точности гироскопа по сравнению с аналогами при сохранении малых габаритов.

В качестве одного из прототипов был выбран гироскоп на сферической шарикоподшипниковой опоре (Патент РФ № 2460040) с гистерезисным асинхронным двигателем, торцевыми электромагнитными датчиками момента и взаимоиндуктивными датчиками угла. Электромагнитный моментный преобразователь обладает квадратической характеристикой, обуславливающей нелинейную зависимость угловой скорости от тока в режиме управления,

и наличие зоны нечувствительности, приводящей к увеличению ошибки стабилизации. Еще одним недостатком прототипа является использование взаимоиндуктивного датчика угла, не позволяющее обеспечить высокую точность гироскопа в следствие помех в полезном сигнале, создаваемых работой гиродвигателя, и невозможностью измерения небольших углов отклонения ротора.

Для исключения влияния помех на точностные характеристики гироскопа, повышения порога чувствительности и обеспечения линейной характеристики по управлению предлагается использовать магнитоэлектрический датчика момента и индукционный датчика угла. В работе предложена конструкция, позволяющая обеспечить малые габариты гироскопа посредством выполнения в роторе гиромотора кольцевой полости для расположения катушек датчика угла и момента и размещения на роторе двух рядов секционных магнитов. При этом датчики угла и момента конструктивно объединены в один узел. Были рассмотрены разные два варианта реализации совмещения датчика угла и моментного преобразователя: с восьмью катушками (4 катушки датчика угла и 4 катушки датчика момента) и четырьмя катушками, совмещающими функции датчика угла и датчика момента. Во втором случае разделение функций катушек осуществляется во времени: одну часть периода вращения катушки работают в режиме измерения угла (с них снимается ЭДС), другую часть периода – в режиме управления ротором гироскопа (на них подается управляющий сигнал).

Для каждой из схем разработана математическая модель выходного сигнала датчика угла и развиваемого моментным преобразователя момента, проведено численное моделирование, выработаны рекомендации по выбору конструктивных параметров датчика угла и момента.

УДК 621.3

МАРАСАНОВ Д.С., ВАДОВА Л.Ю.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СМЕШИВАНИЯ КОМПОНЕНТОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПЛЕНКИ ПВХ

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

Автоматизированная станция смешивания предназначена для точного дозирования и смешивания компонентов для производства пленки ПВХ. Станция смешивания имеет следующие стадии:

- 1) насыпка смолы ПВХ в бункер;
- 2) взвешивание смолы ПВХ;
- 3) взвешивание жидких компонентов;
- 4) перемешивание жидких компонентов;
- 5) перемешивание жидких компонентов и смолы ПВХ с нагревом;
- 6) перемещение готовой композиции в бункер для готовой композиции.

Задачи автоматизации:

- обеспечить условия для протекания процесса с необходимым качеством и количеством готовой продукции;
- обеспечить безаварийность процесса;
- улучшить технико-экономические показатели.

В автоматизации данного технологического процесса используется трехуровневая система управления [1]:

- нижний уровень автоматизации – сюда относятся контрольно-измерительные приборы (датчики), преобразователи и исполнительные механизмы;
- средний уровень автоматизации – к нему относятся микропроцессорный контроллер и промышленные сети;
- верхний уровень автоматизации – здесь размещаются станции оператора и инжиниринга, системы обработки, резервирования, хранения и передачи информации.

Главной целью работы является создание системы управления процессом, основанной на математической модели объекта управления [2].

Представив схему станции смешивания, как единый объект управления, мы можем получить его входные и выходные параметры. В качестве выходных параметров были приняты: готовая композиция для пленки ПВХ Y1; выход летучих веществ Y2; уровень готовой композиции Y3.

Управление выходными параметрами будет осуществляться регулированием его входных параметров, в частности, X1 – масса исходных веществ, X2 – температура смешивания компонентов, X3 – расход сырья, X4 – длительность цикла перемешивания.

Общую схему управления на основе математической модели можно представить в виде совокупности трех звеньев: математической модели, контроллера и технологической схемы.

Контроллер принимает данные о технологических параметрах от объекта управления и передает их в математическую модель. После проведения расчета программой определяются значения потоков, которые через контроллер поступают в качестве задания регуляторам соответствующих потоков.

Библиографический список

1. Схиртладзе, А.Г. Автоматизация технологических процессов и производств: учебник для вузов / А.Г. Схиртладзе. – М.: Абрикос, 2012. – 568 с.
2. Ким, Д.П. Теория автоматического управления: учебник и практикум для академического бакалавриата / Д.П. Ким. – Люберцы: Юрайт, 2016. – 276 с.

УДК 681. 2. 084

МОРОКОВА М. Е., ГАЙНОВ С. И.

ПОВЕРХНОСТНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ТЕМПЕРАТУРЫ СРЕДЫ В ТРУБОПРОВОДЕ

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

Процесс измерения температур в трубопроводах имеет характерные особенности, такие как: влияние агрессивной среды на первичный погружной датчик, необходимость сверловки трубопровода под гильзу датчика и, как следствие, вероятность протечки в месте сверловки, необходимость останова технологического процесса для установки датчика. Данные факторы обуславливают необходимость поиска новых методов измерения температуры среды в трубе, свободных от данных недостатков.

Наиболее перспективным для решения данной задачи является способ измерения температуры в трубе по температуре ее поверхности. Для решения данной задачи предлагается применить контактный стержень (шток) из материала с высокой теплопроводностью – например, медь, при этом один конец штока находится в плотном механическом контакте с трубой, а на другом конце располагается миниатюрный полупроводниковый термодатчик с малой теплоинерционностью. Теплопроводный шток находится в защитной гильзе, посредством которой вся конструкция крепится к температурному преобразователю (рис. 1).

Датчик располагается в корпусе температурного преобразователя и защищен от механических температурных воздействий. Шток имеет достаточную длину, которая обеспечивает удаленность самого термопреобразователя от трубы, что исключает косвенный нагрев датчика и преобразователя тепловым потоком трубы. При этом вся конструкция: теплопроводный шток, датчик, термопреобразователь представляет единой конструктивное целое и



**Рис. 1. Конструкция
поверхностного измерителя
температуры**

закрепляется на трубопроводе болтовым хомутом. Надежность теплового контакта трубы и штока обеспечивается подпружиниванием последнего.

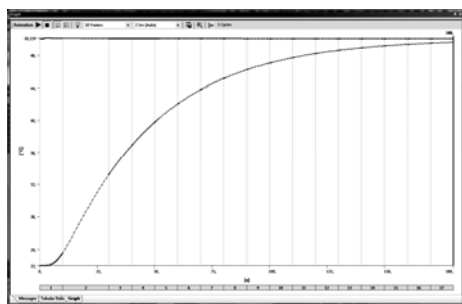


Рис. 3. График переходного процесса прогрева штока

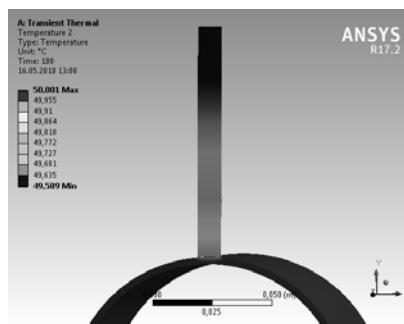


Рис. 2. Картина прогрева штока в модели ANSYS

Тепловое моделирование конечной элементной модели ANSYS (рис. 2) показывает, что для диапазона измеряемых температур характер прогрева стержня имеет экспоненциальный характер [1]. При этом изменением температуры в трубе время переходного процесса сохраняется (рис. 3).

Данный подход позволяет использовать различные термопреобразователи например, такие как Метран или Rosemount и применять их для без существенного изменения конструкции.

1. **Исаченко, В.П.** Теплопередача: учебник для вузов / В.П. Исаченко, В.А. Осипова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоиздат, 1981. – 416 с.

УДК 681.58

НАУМОВ Н.Н., ГУСЬКОВ А.А

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ВАРИАЦИИ АЛЛАНА ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОГРЕШНОСТЕЙ ГИРОСКОПИЧЕСКОГО ДАТЧИКА УГЛОВОЙ СКОРОСТИ

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

В настоящее время наблюдается положительная тенденция в сфере производства новых типов гироскопов и усовершенствования классических гироскопических ДУС для навигационных систем летательных аппаратов. Этот процесс обусловлен постоянно растущими требованиями к точностным и эксплуатационным характеристикам приборов. Однако несмотря на все преимущества и возможности инновационной техники, во многих системах предпочтение отдают классическим ДУС гироскопического типа, проверенных временем. Это обуславливает актуальность задач повышения точностных характеристик ДУС.

Для поиска путей повышения точности ДУС, необходимо провести анализ погрешностей (погрешность коэффициента преобразования, смещение нуля, случайных и систематических погрешностей), влияющих на выходной сигнал. Наибольшее влияние на качество сигнала оказывает наличие шумовых составляющих.

Стандартные статические методы не способны оценить шумовые компоненты выходного сигнала. Методы анализа частотных интервалов (спектральная плотность и автокорреляционная функция) позволяют определить только наличие определенной шумовой составляющей, но не конкретные значения ошибок. Поэтому для описания шумовых компонентов было принято использовать метод вариации Аллана.

Вариация Аллана – метод анализа временных последовательностей для определения характеристик шумов в функции усредненного времени [1]. Суть метода заключается в сле-

дующем. Берется запись выходного сигнала ДУС $\omega(t)$, включающая m отсчетов, каждый из которых имеет длительность T_0 , определяется угол, накопленный в результате интегрирования выходного сигнала гироскопа $\omega(t)$ в течение m отсчетов:

$$\alpha_m = \int_0^{mT_0} \omega(t) dt,$$

и рассчитываются вариация Аллана по следующей формуле [2]:

$$\sigma^2(nT_0) = \frac{1}{2(M-2n)(nT_0)^2} \sum_{m=1}^{M-2n} (\alpha_{m+2n} - 2\alpha_{m+n} + \alpha_m)^2$$

для $m = 1, 2, 3, \dots, n_{\max} \leq (M-1)/2$.

В программной среде *Matlab* был реализован алгоритм выполнения метода вариации Аллана и осуществлен анализ участков графика кривой отклонения Аллана. Реализованный алгоритм позволяет определить шумовые составляющие выходного ДУС, выделив различные составляющие погрешностей.

Библиографический список

1. Литвин, М.А. Типы ошибок в инерциальных навигационных системах и методы их аппроксимации / М.А. Литвин // Информационные процессы. – 2014. – Т. 14. – № 4. – С. 326–339.
2. YiterYuskel, HuseynBurakKaygisiz, “Notes on Stochastic Errors of Low Cost MEMS Inertial Units”.

УДК 621.3

ПОЛИКАРПОВ С. В., ВАДОВА Л. Ю.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ НЕФТЯНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ ВОДЯНЫМ ПАРОМ И АЗОТОМ

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

В результате хранения нефтепродуктов, в резервуаре образуются значительные объемы нефтешламов (остатки вязких нефтепродуктов), снижающих качество продукта и приводящих к существенным экономическим потерям. Образование осадка в емкостях связано с выделением и последующим осаждением твердой фазы. Выделение твердой фазы, в свою очередь, зависит от некоторых факторов. К ним относятся физико-химические характеристики нефти, температура, климатический фактор. А количество накопленного осадка – от состояния внутренних стенок сосудов, их конструкции, частоты проведения технологических операций и множества других факторов. В настоящее время применяют различные технологии очистки нефтяных резервуаров.

Цель исследования - проанализировать способы очистки резервуаров от нефтепродуктов, выявить достоинства и недостатки каждого способа, рассмотреть оборудование, которое используется в процессе очистки резервуаров, и предложить своё решение проблемы по данной теме.

Одним из способов является очистка резервуаров водяным паром. Насыщенный водяной пар эффективно счищает нефтяные осадки со стенок резервуара, после чего нефтешлам сливается с водой, образованной от пара. Зачистка осуществляется с помощью паровой струи со следующими характеристиками:

- 1) температура от 80° до 100°С;
- 2) давление от 0,01 до 5 МПа;
- 3) продолжительность продувки зависит от степени загрязнения резервуара.

Пар должен подводиться к резервуарам по съёмным участкам трубопроводов или гибким шлангам; запорная арматура должна быть установлена с обеих сторон съёмного участка. После окончания продувки эти участки трубопроводов необходимо демонтировать.

вать, а на запорной арматуре установить заглушки с хвостовиками. Зазоры между паропроводом и горловиной закрываются и уплотняются кошмой.

Другим способом является продувка резервуаров азотом. В нефтегазовой отрасли азот, как инертный газ, применяется для продувки ёмкостей с целью обеспечения противопожарной безопасности и исключения возможного взрыва.

Для продувки используется азот 99,98% об., с давлением от 0,2 до 1 МПа. Съёмные участки и шланги для подачи азота устанавливаются только на время продувок. По окончании продувок, шланги должны быть сняты и на их место установлены заглушки. При осуществлении продувки коммуникаций азотом следует иметь газоанализатор для контроля количества кислорода. Продувка может быть окончена, когда на выходе газ имеет кислорода не более 3 процентов от всего объема. Газообразный азот может быть взят из баллонной рампы, получен при помощи генератора азота либо газификатора жидкого азота. Азот третьего сорта применяться при продувках не должен.

Говоря о выборе метода очистки нефтяных резервуаров, нельзя отдавать предпочтение насыщенному водяному пару или азоту, ведь данные методы являются абсолютно разными: насыщенный пар очищает резервуар от нефтяного шлака, а азот, являясь инертным газом, обеспечивает противопожарную и взрывобезопасность при обслуживании или ремонте резервуаров. На основе представленной информации, можно сделать вывод, что очистку нефтяных резервуаров необходимо делать, исходя из целей обслуживания.

Библиографический список

1. Инструкция по пожаровзрывобезопасной технологии очистки нефтяных резервуаров: нормативный документ акционерной компании «Транснефть», 1996 г.
2. Инструкции по зачистке резервуаров от остатков нефтепродуктов: инструкция ОАО НК «Роснефть», 2004 г.

УДК 004.9

ПОТАПКИНА О.С., ТОКАРЕВ Н.М.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЧЕЛОВЕКА

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

Работа посвящена моделированию и разработке прототипа носимого устройства, способного снимать данные с аналогового датчика пульса и передавать их на сервер по беспроводному стандарту Wi-Fi согласно протокола HTTP.

Проектируемое устройство предусматривает возможность подключения к компьютеру посредством UART, что позволяет наблюдать структурированный вид снятых данных в мониторе порта программы “Arduino IDE”.

Основные функции разрабатываемого устройства ориентированы на лиц, проходящих специальную подготовку физического или психологического характера, лиц, страдающих сердечно-сосудистыми заболеваниями с целью постоянного мониторинга здоровья пациента.

Особенностями разрабатываемой системы мониторинга являются:

- малые габариты данного устройства;
- наличие у прототипа беспроводного зарядного устройства, что позволяет упростить подключение разъемов, а при необходимости есть возможность использовать проводное зарядное устройство;
- возможность соединения с сервером по технологии Wi-Fi и bluetooth;
- использование стандартного протокола HTTP для передачи показаний;
- использование в качестве роутера мобильных средств вычислительной техники (мобильных телефонов, смартфонов);

- использование бесплатного программного обеспечения позволяет существенно снизить стоимость прототипа.

Библиографический список

1. Буч, Г. Язык UML. Руководство пользователя / Г. Буч, Дж. Рамбо, А. Джекобсон. – М.: ДМК ПРЕСС; СПб.: Питер, 2004. – 429 с.
2. Ульман, Л. Основы программирования на PHP: [пер. с англ.] / Ларри Ульман. – М.: ДМК Пресс, 2001. – 288 с.
3. Романовский, Г.Б. Право и демография в Российской Федерации в зеркале современной статистики / Г.Б. Романовский // Гражданин и право. – 2016. – №06. – С. 4.
4. Закон РФ «О персональных данных» - глава 2 - статья 11 – «Биометрические персональные данные».

УДК 681.58

ПАВЛОВ В.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ НУЛЕВОГО СИГНАЛА ДИНАМИЧЕСКИ НАСТРАИВАЕМОГО ГИРОСКОПА

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

Эффективность эксплуатации и конкурентоспособность производимых на данный момент летательных аппаратов (ЛА) во многом зависят от совершенства гироскопических датчиков первичной информации, выполняющих функции чувствительных элементов навигационных систем и систем управления ЛА.

Одним из типов таких чувствительных элементов являются динамически настраиваемые гироскопы (ДНГ) – вибрационные роторные трехстепенные гироскопы с внутренним кардановым подвесом, в которых упругие моменты торсионов компенсируются инерционными моментами вращающихся колец подвеса при динамической настройке. Широкое распространение ДНГ объясняется, прежде всего, их точностью и надежностью.

Одной из задач по улучшению работы ДНГ является уменьшение вредных факторов, влияющих на нулевые сигналы.

В качестве гироскопического двигателя в ДНГ используется синхронный гистерезисный двигатель (СГД), состоящий из статора, в пазах которого располагается трехфазная обмотка, и ротора, в виде кольца из материала с широкой петлей гистерезиса, установленного на немагнитной втулке. Магнитное поле, создаваемое обмоткой статора, вращается с определенной скоростью. Данное поле намагничивает материал ротора. Из-за гистерезисных свойств материала ротора происходит отставание его намагниченности от намагничивающего поля статора на угол, называемого гистерезисным углом. Величина гистерезисного угла, определяемая магнитными свойствами материала, оказывает сильное влияние на нулевые сигналы, к тому же при разгоне ротор не всегда устанавливается в нужное положение.

Следующим фактором, влияющим на нулевые сигналы, является асимметрия определенных элементов СГД. Например, неидеальность формы ротора СГД, заключающаяся в его эллиптичности, приводит к изменению зазора между ротором и полюсами статора. Сила намагниченности статора при этом будет неравномерной, тем самым гистерезисный угол будет не постоянный. Смещение центра вращения ротора относительно его геометрического центра также приводит к изменению зазора и неравномерному распределению силы намагниченности, что оказывает влияние на гистерезисный угол.

Последним фактором, оказывающим влияние на нулевые сигналы, является неравномерность магнитного поля. Это приводит к возникновению ЭДС в контуре датчика момента. Основная причина заключается в симметричности магнитного кольца, установленного в роторе. Так, при вращении магнитного кольца относительно катушек датчика момента в них, генерируется ЭДС, влияющая на сигнал в формирующем выходной сигнал контуре, что приводит к появлению нулевых сигналов.

В работе на основе проведенного анализа сделан вывод о том, что для уменьшения факторов, влияющих на нулевые сигналы, следует улучшить качество составных частей СГД, так как именно его принцип работы сильно сказывается на точности выходных сигналов. Также следует уменьшать значение ЭДС генерируемое в магнитной системой ДМ.

УДК 681.5.08

ПОЛЯНСКИЙ В.В.

МЕТОД ИСПЫТАНИЯ ПОТОКОВЫХ ТЕРМОПАР

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

Добыча, транспортировка и реализация природного газа – одна из ключевых отраслей народного хозяйства нашей страны. Наиболее востребован, как в нашей стране, так и за рубежом трубопроводный газ, в силу своей низкой себестоимости. Для перекачки продукта по трубопроводам на большие расстояния устанавливают компрессорные станции с оборудованием для компримирования газа. Силовая часть компрессорных агрегатов может быть выполнена различным способом, но наиболее часто применяется привод от газотурбинного двигателя. Одним из узких мест эксплуатации такого двигателя является контроль температуры за турбиной низкого давления (ТНД), в силу высоких температур и большой скорости потока представляющий собой достаточно непростую задачу. Рассмотрим на примере газоперекачивающего агрегата «ГПА 16 Волга» производства НПК газотурбостроения «Зоря – Машпроект».

Для контроля температуры за ТНД применяют термопары типа ТХА-1368 с максимальным допустимым диапазоном $+1000^{\circ}\text{C}$ и защитным кожухом. При аварийном останове газоперекачивающего агрегата по рассогласованию температуры за ТНД на любой из шестнадцати точек основная задача службы эксплуатации состоит в оперативном определении причины останова, так как из-за особенностей конструкции это может быть в равной степени и отказ термопары, и погасание форсунки, система автоматического управления отреагирует одинаково. В данном случае необходима инструментальная проверка термопары.

Из-за защитного кожуха датчика использование сухоблочных калибраторов не представляется возможным, необходим поток калибровочной среды. Для этого используют трубчатые печи, например модели МТП-2МР-70-100, однако это достаточно дорого.

Согласно паспорту, нужды регулярно калибровать или поверять термопреобразователи нет, однако если есть необходимость достоверно оценить работоспособность термопары при аварийном останове ГПА с целью выяснения и устранения причины аварии, для этого можно воспользоваться методом сравнения показаний с аналогичным заведомо исправным средством измерения в равных условиях. Работает этот метод следующим образом: для испытуемой и контрольной термопары создаются одинаковые условия воздействия калибровочной среды, например, горячего воздуха от технического фена с максимальной температурой на выходе $+600^{\circ}\text{C}$. Этого вполне достаточно для оценки работоспособности термопары. Выходной сигнал с контрольной и испытуемой термопары фиксируется измерительным прибором и если расхождение не превышает предел основной погрешности, термопара считается исправной.

Контрольный образец описанного устройства с измерительной частью на базе вторичных преобразователей dtrans T01 и регистратора двухканального ЭИ4408-011 был разработан и опробован на компрессорной станции «Лукояновская» Арзамасского линейного производственного управления магистральных газопроводов. Контрольные проверки показали высокую точность и повторяемость результатов испытания термоэлектронных преобразователей ТХА-1368М.

Таким образом, с помощью описанного метода можно без закупки дорогостоящего оборудования проводить испытания термоэлектрических преобразователей, предназначен-

ных для измерения температуры газа за ТНД, и дать окончательное заключение, была ли неисправная термодатчика причиной аварийного останова газоперекачивающего агрегата, или же другая неисправность, например, засорение форсунки или сбой в работе дозаторов топливного газа.

УДК 629.7.054.07

РУМЯНЦЕВ В.Л.

АНАЛИЗ СИСТЕМ ВОЗБУЖДЕНИЯ КОЛЕБАНИЙ И СЪЁМА СИГНАЛА ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ВОЛНОВОГО ГИРОСКОПА С МЕТАЛЛИЧЕСКИМ РЕЗОНАТОРОМ

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

Объектом исследования является твердотельный волновой гироскоп (ТВГ), применяемый в качестве датчика угловой скорости. Принцип действия ТВГ заключается в том, что предварительно возбуждённая стоячая волна на чувствительном элементе (ЧЭ) при внешнем воздействии в виде угловой скорости поворачивается относительно основания на заранее известный угол. Чувствительным элементом таких гироскопов является осесимметричное тело (например, кольца или оболочки вращения). Для лучшей работы гироскопа колебания возбуждают на резонансе 2-й моды колебаний (более простой). Кроме неё, у резонатора существуют собственные формы колебаний, такие как крутильные колебания ножки, 1-я мода изгиба ножки (линейные перемещения кромки резонатора), колебания оболочки вокруг ножки.

Целью данной работы является анализ различных систем возбуждения колебаний и съёма сигнала твердотельного волнового гироскопа.

Функционирование системы возбуждения колебаний в ЧЭ может быть основано на электростатическом, электромагнитном, пьезоэлектрическом и индукционных принципах. Функционирование системы съёма колебаний ЧЭ может быть основано на электростатическом, электромагнитном, пьезоэлектрическом и фотоэлектронном принципах.

Однако при возбуждении резонатора с помощью электромагнитного канала возможно наведение сигнала с обмоток, обусловленное токами Фуко. Форма и частота наводимого сигнала совпадает с формой и частотой напряжения, подаваемого на электромагнитный канал, при этом амплитуда наводимого сигнала прямопропорциональна амплитуде напряжения, подаваемого на электромагнитный канал. А также при возбуждении резонатора с помощью электростатического канала возможно наведение сигнала с емкостей, обусловленное тем, что при данном способе возбуждения колебаний резонатора общая точка источников напряжения возбуждения электрически связана (через резонатор) с каналами датчика угла.

Использование электромагнитного способа возбуждения и съёма сигнала усложняет конструкцию, что обуславливает сложность изготовления и удорожание конструкции. Это связано с использованием в качестве компенсационного преобразователя навесных катушек, магнитных систем.

Электростатический силовой преобразователь обладает приемлемыми размерами, прост в изготовлении, не требует дополнительных технических операций. Но наряду с этими преимуществами он имеет несколько существенных недостатков: малая величина компенсационной силы, нелинейная зависимость силы от напряжения обратной связи.

Для создания ТВГс минимальным количеством деталей необходимо использовать пьезоэлементы, которые наклеены осесимметрично на измерительную грань чувствительного элемента. Применение пьезокерамических материалов в конструкции чувствительного элемента имеет ряд преимуществ. Пьезокерамический материал может служить как для возбуждения колебаний в режиме обратного пьезоэффекта, так и для съёма информации в режиме прямого пьезоэффекта. Кроме этого, следует отметить высокий коэффициент преобразования пьезокерамики в режиме как прямого, так и обратного пьезоэффекта.

РАСШИРЕНИЕ ДИАПАЗОНА РАБОТЫ МИКРОМЕХАНИЧЕСКОГО ГИРОСКОПА

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

Объектом исследования является микромеханический гироскоп (ММГ), применяемый в качестве датчика угловой скорости. Принцип действия ММГ (рис. 1) заключается в том, что две подвижные чувствительные массы, подвешенные на упругих элементах, посредством трех (левого, правого, центрального) двигателей, имеющих электростатическую гребенчатую структуру, приводятся в вибрационное движение с противофазными скоростями V_1 , V_2 параллельно плоскости базы. При наличии угловой скорости Ω по входной оси, под действием сил инерции Кориолиса F_1 и F_2 одна масса будет подниматься, а другая - опускаться по отношению к плоскости вибрации. Чувствительные пластины электродов емкостного преобразователя перемещений формируют выходной сигнал гироскопа [1].

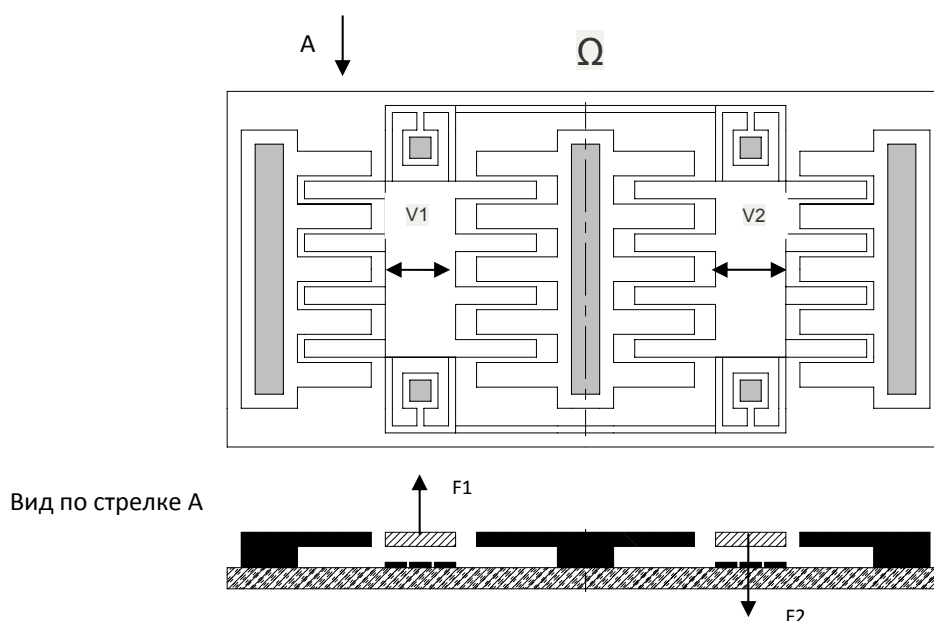


Рис. 1.1. Принципиальная схема ММГ

Целью данной работы является поиск возможности расширения диапазона измерения. В качестве наиболее привлекательного рассматривается метод использования автоколебательных низкочастотных режимов работы в дорезонансной области. Для реализации этого метода необходимы соответствующие элементы структуры, в том числе датчики положения (ДП) и датчики силы (ДС). В качестве ДП предлагается применить оптоэлектронные датчики, которые не требуют использования опорных сигналов. Для реализации оптоэлектронных ДП используются волоконно-оптические световоды, способные к светопередаче через значительно изогнутые участки и обеспечивающие линейные характеристики [2].

Использование магнитоэлектрических ДС позволяет увеличить силовые характеристики микромеханического гироскопа. Для повышения диапазона измерений и чувствительности предлагается переход с амплитудной модуляции (АМ) сигнала на частотную модуляцию (ЧМ) или временную модуляцию (ВМ), которая позволяет снизить потребление мощности и уменьшить время, затрачиваемое на измерения [2].

В докладе приводятся сравнительные характеристики различных вариантов ММГ.

Библиографический список

1. **Распопов, В.Я.** Микроэлектромеханические системы. Курс лекций // Датчики и системы. № 11. – 2007. – С. 29–35.
2. **Тыртычный, А.А.** Современные датчики системауправления и навигации // Научная сессия ГУАП: сб. докл.: В 3 ч. Ч. 1. Технические науки: СПбГУАП. – СПб., 2007.– С. 35–38.

УДК 621.91:622

САЗАНОВ Н.Н., ОБУХОВ В.И.

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА САМОЛЕТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЭМС ТЕХНОЛОГИИ

Арзамасский политехнический институт
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Приборы и датчики, спроектированные и выпускаемые серийно в 60–70-х годах XX столетия, в качестве преобразователей входного сигнала в выходной, удобный для дальнейшего использования в системах кондиционирования воздуха в самолетах, в основном используют гофрированные мембранные коробки, зубчатые передачи, рычажные, кулачковые механизмы. Зубчатые передачи, рычажные механизмы могут совершать взаимные относительные движения, реализуемые за счет подшипников скольжения или качения. Такие приборы и датчики отличаются конструктивной сложностью. К деталям входящим в эти преобразователи, предъявляются высокие требования к качеству их сопрягаемых поверхностей, которые в процессе эксплуатации интенсивно изнашиваются, происходит их старение и деградация, что снижает эксплуатационные характеристики измерительных устройств (ИУ) и их надежность.

В настоящее время в России наметились два основных направления по совершенствованию систем. Первое: замена устаревших эксплуатируемых ИУ и систем на более современные; второе: модернизация устаревших ИУ и систем.

Нами рассматривается вариант модернизации приборов, входящих в систему кондиционирования воздуха самолетов. Предлагается заменить устаревшие приборы систем кондиционирования воздуха, в частности указатели высоты и перепада давления (УВПД), современными измерителями высоты и перепада давления, выполненными с использованием микроэлектромеханической (МЭМС) технологии. МЭМС технология базируется на основе достижений в микроэлектронике. Эта технология позволяет на одной подложке размещать, как микромеханические преобразователи, так и электронные преобразователи полезных сигналов приборов. Использование полупроводникового кремния как конструкционного материала существенно уменьшает температурную погрешность таких изделий, позволяет уменьшить их массогабаритные характеристики. Самое главное - современная МЭМС технология позволяет исключить зубчатые и рычажные механизмы из приборов, тем самым существенно упростить конструкцию системы контроля кондиционирования воздуха, и повысить ее надежность.

Выполненные нами работы по проектированию и расчету приборов для измерения относительного и абсолютного давлений для систем кондиционирования воздуха показали возможность и эффективность модернизации устаревших систем. Массогабаритные характеристики и потребляемая мощность приборов, в этом случае значительно снижаются, что крайне важно для авиационной отрасли. Спроектированные датчики и приборы с использованием МЭМС технологии позволили интегрировать их до 2 – 8 деталей, которые изготавливаются по отработанной в микроэлектронике технологии, что уменьшает их общую погрешность.

Предлагаемые нами конструктивные решения подобных ИУ, и выполненные расчеты их основных параметров, подтверждают их работоспособность и достижение необходимых

технических характеристик. Массогабаритные размеры приборов уменьшены в более, чем 7 раз. Выполнена оценка безотказной работы таких систем. Расчеты показали, что время безотказной работы модернизированных систем увеличивается по сравнению с аналогами в 3-4 раза. На порядок снижается температурная погрешность.

УДК 621.91:622

САМУЛКИН Ф.В., ГУСЬКОВ А.А.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ДАТЧИК МОМЕНТА МАЛОГАБАРИТНОГО ГИРОСКОПА С ЛИНЕЙНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ

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

Объектом исследования является малогабаритный гироскоп на сферической шарикоподшипниковой опоре, используемый в качестве датчика первичной информации гироскопического инклинометра ИГН 73-100/80.

Один канал рассматриваемого гироскопа используется для измерения угловой скорости в режиме начальной выставки инклинометра ИГН 73/100-80 (гироскопирование), второй – для стабилизации и управления платформой одноосного гиросtabilизатора в режиме измерения траекторий скважин.

Основным недостатком такого гироскопа является нелинейная выходная характеристика электромагнитного моментного преобразователя. Она описывается квадратичной функцией зависимости скорости управления от тока. Такая особенность обуславливает появление значительной погрешности измерения угловой скорости при работе гироскопа в режиме гироскопирования. Порог чувствительности для существующего гироскопа составляет 1.37 мА или 2.5 %/час. При работе гироскопа в режиме измерения угловой скорости (режим начальной выставки) датчик не регистрирует угловые скорости, которые меньше порога чувствительности. В режиме управления платформой гиросtabilизатора при малых токах возникают биения ротора, приводящие к сильному зашумлению сигналов датчиков угла и, как следствие, нарушению стабилизации.

Данный недостаток позволяет устранить использование датчиков момента с линейной выходной характеристикой. Известен гироскоп на сферической шарикоподшипниковой опоре, у которого вместо электромагнитных датчиков момента используются магнитоэлектрические моментные преобразователи. Данный гироскоп обладает линейной выходной характеристикой, но его массогабаритные показатели существенно больше, чем у объекта исследования.

Поэтому целью данной работы является исследование возможности создания электромагнитного моментного преобразователя с линейной выходной характеристикой и малыми массогабаритными показателями (на уровне прототипа).

Предлагается схема построения моментного преобразователя с использованием двух Ш-образных сердечников, расположенных диаметрально. На центральном полюсе каждого сердечника располагаются катушка возбуждения и катушка управления, причем катушки возбуждения включены параллельно между собой, а катушки управления – встречно. При подаче сигнала в катушки возбуждения создается постоянный магнитный поток, притягивающий ротор. Магнитные потоки, создаваемые катушками управления, ослабляют действие суммарного магнитного потока для одного сердечника и усиливают для другого. При этом суммарный момент, действующий на ротор, пропорционален току управления.

При нулевом угле поворота ротора гироскопа выходная характеристика такого датчика линейна. В работе проведена оценка погрешности линейности характеристики, возникающей при отклонении ротора гироскопа в пределах ошибки стабилизации (± 2 угл.мин).

Максимальное значение погрешности линейности составило 4,5%. Предлагаемая схема построения моментного преобразователя обеспечивает скорость управления платформой гиросtabilизатора в пределах 20 %/с, что вполне удовлетворяет требованиям, предъявляемым к гироскопическому инклинометру.

УДК 681.58

ТРЕХОНИН И.В.

МОДЕРНИЗАЦИЯ БЕСКОНТАКТНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

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

На современных летательных аппаратах устанавливают большое число различных исполнительных механизмов и систем, работа которых связана с затратами механической энергии. Приведение их в действие и управление их движением обеспечивается приводом, который представляет собой механическую систему. Данная система состоит из двигателя, защитной аппаратуры и аппаратуры управления этим двигателем и передаточного устройства, выполняющего передачу механической энергии от двигателя к исполнительному элементу.

Электродвигатели имеют немало важную роль в управлении летательным аппаратом. Так как для рулевых приводов требуются двигатели постоянного тока, наилучшим вариантом являются вентильные двигатели.

Основной задачей по улучшению работы бесконтактного электродвигателя постоянного тока является улучшение его основных характеристик. Это увеличение максимальной частоты оборотов на холостом ходу и увеличение максимального крутящего момента под нагрузкой.

Привод с существующим двигателем не может обеспечить требуемых значений характеристик, поэтому было необходимо найти решение данной проблемы. Требуемых характеристик можно достигнуть с помощью изменения параметров батареи. Если увеличить силу тока, выдаваемую батареей, то при параллельном соединении можно обеспечить требуемую характеристику, но так как получить более высокую силу тока с батареи или заменить её возможности не предоставлялось, то необходимо было рассмотреть альтернативные варианты решения этой задачи. Решением могла стать разработка автоматической коробки передач для данного двигателя, либо усовершенствование системы управления электродвигателем.

Наименее целесообразным вариантом является разработка автоматической коробки передач. Это обусловлено тем, что такой вариант не подходит по габаритным показателям и усложнению процесса конструкторской разработки в отличие от усовершенствования системы управления двигателем.

Электродвигатель ДБМ является трехфазным синхронным двигателем постоянного тока. У таких двигателей возможны три варианта построения схемы обмоток статора: это построение по типу звезды: параллельно или последовательное соединение обмоток, а также построение по типу треугольника.

Были рассмотрены различные варианты переключения между схемами соединения обмоток, в результате чего выяснилось, что только один вариант исполнения схемы управления позволяет достичь требуемых характеристик. Это переключение между параллельным и последовательным соединением обмоток электродвигателя ДБМ.

Следующей задачей явилось моделирование данного двигателя со схемами соединения обмоток, описанных ранее, чтобы в дальнейшем построить электрическую схему, которая может автоматически переключать обмотки статора.

В работе была построена модель двигателя в программной среде *AnsysMaxwell* и *AnsysSimplorer*, получены результаты моделирования, которые показали, что предложенная модернизация позволяет увеличить частоту оборотов двигателя на холостом ходу и повысить максимальный крутящий момент под нагрузкой.

ТУРЯЕВА И. А.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ЭКСПОЗИЦИИ ПРИ БЕЗМАСКОВОЙ ЛИТОГРАФИИ

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

Сегодня каждое микрoeлектронное производство не просто заинтересовано, а нуждается в надежном, удобном в работе, открывающем новые возможности развития технологии оборудование, которое будет способно реализовывать более сложные технологические процессы. Примером такого оборудования, может быть генератор изображений, рисующий заданную топологию непосредственно на подложке выбранного материала. Технология безмасковой литографии, благодаря отсутствию необходимости использования фотошаблонов, экономит время и дает экономический эффект для экспериментальных и мелкосерийных производств.

Основной задачей исследования являлось определение оптимальных режимов экспонирования на подложках из кремния с использованием технологии безмасковой литографии.

Данное исследование проводилось на установке DWL 66 Plus, на подложках из кремния, с различной толщиной нанесенного позитивного фоторезиста ФП 9120-1. Слой фоторезиста сформирован на полуавтоматической установке ПНФ6М ЭС методом центрифугирования. Были изготовлены 2 типа образцов. Для первого типа скорость вращения центрифуги менялась от 1000 об/мин до 2000 об/мин (плавный разгон), при этом толщина фоторезиста была значительной – «толстый фоторезист». Для образцов второго типа скорость менялась с 2000 об/мин до 3000 об/мин (плавный разгон), при этом толщина получаемого слоя фоторезиста была оптимальной – «тонкий фоторезист». Все полученные образцы были проэкспонированы топологией с набором тестовых геометрических элементов. В ходе экспонирования изменялись два параметра экспозиции лазерного излучения: интенсивность и мощность. Отработка оптимальных режимов проводилась двумя видами пишущих головок: 5 мм (минимальный топологический элемент – 1 мкм) и 2 мм (минимальный топологический элемент – 0,6 мкм). Для проявления тестовых структур геометрических элементов, образцы были подвергнуты химической обработке на установке химической обработки пластин КС-01. Что бы оценить качество графических изображений образцов применялся видеомикроскоп высокого разрешения HIROXKH-7700. Для оценки использовались следующие критерии: четкое, достаточно резкое очертание границ геометрического элемента; отсутствие слияния контуров соседних элементов; наличие всех элементов с минимальными размерами; отсутствие не проявленных участков топологии. В результате проведенного анализа исследуемых образцов с различными сочетаниями параметров экспозиции были определены оптимальные режимы засветки лазерным излучением для двух типов образцов кремниевых пластин. Для кремниевых пластин с фоторезистом, сформированных при 1000 – 2000 об/мин, лазерной головкой 5 мм - мощность 105 мВт, интенсивность 100%. Для кремниевых пластин с фоторезистом, нанесенным при 2000 - 3000 об/мин, лазерной головкой 5 мм - мощность 100 мВт, интенсивность 100%. Полученные оптимальные режимы экспозиции могут быть использованы для формирования топологии микрoeлектронных средств в рамках научно-исследовательских работ.

При использовании пишущей головки 2 мм удовлетворительных образцов получено не было. Поэтому необходимо провести дополнительное исследование, используя фоторезист с более высоким разрешением.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ РАДАРНЫХ УРОВНЕМЕРОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В СИСТЕМЕ ПАЗ

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

Система ПАЗ – набор защитных блокировок, переводящих технологический процесс в безопасное состояние при отклонении его параметров от максимально/минимально допустимых значений.

Кроме основных функций, система ПАЗ выполняет ряд дополнительных функций:

- автоматическое обнаружение потенциально опасных изменений состояния технологического объекта;
- автоматическое измерение технологических переменных, важных для безопасного протекания технологического процесса;
- on-line диагностику отказов, возникающих в системе ПАЗ;
- автоматическую защиту от несанкционированного доступа к параметрам системы ПАЗ.

Принцип действия всех радарных уровнемеров заключается в измерении времени распространения радиоволны от антенны уровнемера до поверхности продукта, уровень которого и подлежит измерению, и обратно.

Для исследования конструктивных особенностей уровнемеров необходимо рассмотреть несколько радарных уровнемеров, производимых разными компаниями, представленных в табл. 1.

Таблица 1

Сравнение радарных уровнемеров

Наименование параметра	BM 700 «KROHNE Messtechnik» [1]	Micropilot FMR60 «Endress+Hauser» [2]	Rosemount 5400 «Emerson Electric» [3]
Частота измерений	9.9 ГГц	80 ГГц	26 ГГц
Погрешность	± 10 мм (0,4 дюйма)	± 1 мм (0,04 дюйма)	± 10 мм (0,4 дюйма)
Высота ёмкости	до 20 м	до 50 м	до 30 м
Степень защиты от пыли/влаги	IP67	IP68	IP67
Взрывоопасные условия	Ex: Зона 0,1, 2; IIC/IIВ, Т6...Т2	Ex; ia,ic; IIC/IIВ, Т6	Ex; ia,ic; IIC, Т6
Выходной сигнал	4...20 мА, HART*	4...20 мА, HART*	4...20 мА, HART*
Материал корпуса	Алюминий с электростатическим покрытием	Литой под давлением алюминий с порошковым покрытием	Корпус с двумя отсеками из нержавеющей стали с полиуретановым покрытием

Сравнительный анализ радарных датчиков уровня показал, что их выбор должен осуществляться с учетом условий эксплуатации, требований к прибору, параметров контролируемого вещества и окружающей среды, а также характеристики рабочего оборудования. Современные средства визуализации данных при измерении уровня помогают визуализировать полученные результаты, составлять графики изменения уровня с течением времени,

фиксировать моменты достижения предельных значений и управлять датчиками комплексно в рамках автоматизированных систем управления производственными процессами, что важно для обеспечения требований системы ПАЗ.

Библиографический список

1. Обзор продукции. Уровнемеры «KROHNE», 2018 г.
2. Каталог решений для контроля и автоматизации «Endress+Hauser», 2017/2018 гг.
3. Общий каталог продукции «Emerson», 2016 г.

УДК 62-1/-9

ШАМАНИН Д.Н., ДУБОВИЦКИЙ А.В., ВАДОВА Л.Ю.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОБОГРЕВА ЕМКостей

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

Использование обогрева емкости или нагрева и поддержания необходимой температуры хранимого продукта является неотъемлемой частью технологического процесса при добыче, транспортировке, хранении и применении большого количества различных нефтепродуктов, воды или химических соединений. Необходимость применения обогрева емкости обусловлена загустением вязких нефтепродуктов таких, как, например, нефть, мазуты, битум. Даже при положительных температурах их загустение в свою очередь вызывает массу проблем при сливо-наливных операциях, отборах проб, перекачке и других работах. Применение обогрева требуется также для поддержания определенной температуры продукта в хранимых емкостях или предохранения их от замерзания: дизельное топливо при отрицательных температурах выделяет парафины, которые откладываются на стенках сосуда и трубопроводах и удаляются с большим трудом; вода в пожарных резервуарах должна быть всегда в пределах положительных температур, иначе возможно образование льда, и, как следствие, невозможность её использования или разрушение самого резервуара.

На данный момент существуют различные варианты решения данной проблемы, но все известные обогреватели имеют ряд существенных недостатков:

- во-первых, это поверхностные обогревательные устройства, т.е. они накладываются или крепятся на боковой поверхности обогреваемой емкости. А это значит, что нагрев содержимого ёмкости будет происходить только через теплопроводность содержимого в ёмкости продукта. А так как теплопроводность разогреваемых продуктов (воск, битум, вазелин и др.) мала, то их разогрев происходит долго. И что самое недопустимое – происходит перегрев продукта в пристеночной зоне, вплоть до его разложения;
- во-вторых, мал срок службы таких обогревателей. Определяется такой низкий ресурс работы конструкцией нагревательного элемента, способом его крепления в оболочке обогревателя. Спираль нагревательного элемента в известных обогревателях наматывается на асбестовый шнур, который при неизбежных в работе изгибах и перегибах разломачивается, теряет прочность, в результате чего происходит замыкание витков спирали.
- в-третьих, передача тепла от спирали нагревательного элемента к стенке ёмкости происходит через стенку оболочки обогревателя, что влечет за собой дополнительные расходы тепловой и электрической энергии;
- в-четвертых, несмотря на использование с наружной стороны чехла обогревателя теплоизолирующего и теплоотражающего слоя, наружная поверхность чехла горячая (около 60°C), и тепловое излучение с большой наружной поверхности чехла в атмосферу значительное.

Разрабатываемый обогреватель емкости свободен от всех этих недостатков. Он

представляет собой корпус, внутри которого размещен резистивный нагреватель в изоляции, подключаемый к источнику тока. Корпус выполнен коробчатым с конфигурацией сечения в горизонтальной плоскости подобной конфигурации сечения в горизонтальной плоскости обогреваемой емкости и расположенным под её дном. Верхняя теплоизлучающая стенка корпуса жестким опорным элементом соединена с нижней стенкой, на внешней стороне которой по периметру и радиально укреплены трубки. Резистивный нагреватель размещен в корпусе вокруг жесткого опорного элемента. Свободный объем полости корпуса заполнен твердеющим диэлектрическим наполнителем, фиксирующим резистивный нагреватель. Между наполнителем и нижней стенкой размещен теплоизолирующий слой с теплоотражателем.

По мере нагрева нижних слоев продукта нагретые частицы становятся легче и поднимаются вверх, а холодные частицы продукта опускаются вниз. При увеличении температуры дна емкости и нижних слоёв продукта процесс подъема нагретых частиц вверх и опускания холодных частиц вниз увеличивается. Здесь имеют место два вида теплообмена - через теплопроводность и через конвекцию, и эти два вида теплообмена возможны только при нагреве емкости снизу. Правда, со временем начинают прогреваться и другие элементы конструкции обогревателя. Но в предлагаемом обогревателе принимаются меры для уменьшения этих тепловых потерь. Например, для уменьшения нагрева нижней стенки, между ней и твердеющим наполнителем проложена теплоизоляция с теплоотражающей фольгой, а в твердеющий наполнитель добавлены волокна асбеста, что уменьшает его теплопроводность и увеличивает прочность, так как волокна асбеста играют армирующую роль. Без конвективного теплообмена нагрев содержимого емкости происходил бы очень долго, так как теплопроводность вязких продуктов (битума, вазелинов, парафинов и др.) очень мала. При этом происходил бы прогрев пристеночных слоев продукта, что сказывалось на его качестве.

ЭКОНОМИКА, МЕНЕДЖМЕНТ И ИННОВАЦИИ

УДК 330

ФРОЛОВА М.М.

ИНВЕСТИЦИОННЫЙ ВЫЧЕТ КАК ИНСТРУМЕНТ СНИЖЕНИЯ НАЛОГОВОГО БРЕМЕНИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Одним из актуальных вопросов для коммерческой организации является оптимизация налогообложения, ведущая к снижению налогового бремени. Согласно статистическим данным Минфина РФ в течение последнего десятилетия налоговая нагрузка на экономику России колебалась. Например, в 2007 году она составляла 36,5% ВВП, на пике кризиса в 2009 г. – 30,9%, после чего вновь выросла – до 34,4% в 2014 году. Текущий показатель налоговой нагрузки (31,6% в 2017 году) в России даже ниже среднего для 35 стран ОЭСР и остается примерно на одном уровне с такими странами, как Канада, Израиль или Турция.

К наиболее распространенным методам оптимизации налогообложения, под которыми понимают действия налогоплательщика, направленным на уменьшение налоговой базы по одному или нескольким налогам на законных основаниях, относятся:

- метод замены налогового субъекта;
- метод изменения вида деятельности налогового субъекта;
- метод замены налоговой юрисдикции;
- принятие учетной политики предприятия с максимальным использованием предоставленных законодательством возможностей;
- оптимизация через договорные отношения;
- использование различных льгот и налоговых освобождений.

Новым инструментом для снижения налогового бремени для коммерческих предприятий может стать инвестиционный налоговый вычет (ИНВ), представляющий собой возможность для организации уменьшить исчисленный налог на прибыль (авансовый платеж), зачисляемый в региональный бюджет, на расходы, связанные с приобретением (созданием) или модернизацией (реконструкцией) основных средств [1].

Инвестиционный налоговый вычет применим только к объектам основных средств, относящимся к третьей - седьмой амортизационным группам, и может быть рассчитан по формуле:

$$\text{ИНВ} = \text{Расходы на капвложения} \times 90 \%$$

Налоговым кодексом установлена предельная величина ИНВ. Это разница между расчетной суммой налога, подлежащей зачислению в бюджет субъекта РФ, и расчетной суммой налога, подлежащей зачислению в бюджет субъекта РФ при условии применения ставки налога в размере 5 %, если иной размер ставки не определен решением субъекта РФ. В случае применения регионального инвестиционного вычета, сумма налога на прибыль, зачисляемая в федеральный бюджет, может быть уменьшена на оставшиеся 10% капиталовложений.

Право на применение инвестиционного налогового вычета устанавливается законом субъектом РФ, на территории которых расположены организации или обособленные подразделения организаций. Кроме того, региональные органы власти могут влиять на пре-

дельную его величину ИНВ, определять категории налогоплательщиков, которым предоставляется (не предоставляется) право на применение ИНВ, а также определять категории объектов основных средств, в отношении которых налогоплательщикам может быть предоставлено право на ИНВ.

Таким образом, применение имущественного налогового вычета может снизить налоговое бремя организации в отношении налога на прибыль в случае, если компания планирует инвестировать денежные средства в капитальные вложения.

-
1. Налоговый кодекс Российской Федерации (часть вторая) от 05.08.2000 N 117-ФЗ (ред. от 23.04.2018) [Электронный ресурс] <http://www.consultant.ru> (дата обращения 29.05.18).

УДК 338.2

ЦЫБАНОВ И.П., ГУСЕВА И.Б.

О НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ ОТРАСЛЕВЫХ ПРОГРАММ ДИВЕРСИФИКАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ ОПК РОССИИ

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

Разработка Стратегии социально-экономического развития Нижегородской области до 2035 года и последующая ее реализация является комплексом намеченных мероприятий, являющихся производными от задач, поставленных Президентом РФ В.В. Путиным в последнем послании Федеральному Собранию от 1.03.18 г. В этой связи, для определения параметров программ, разрабатываемых системообразующими предприятиями области в рамках Стратегии, имеет огромное значение утверждение подобного документа на Федеральном уровне по всем отраслям экономики.

Понятно, что социально-экономические показатели отечественных предприятий являются конечным результатом принятых Правительством РФ программ социально-экономического развития по соответствующим направлениям бизнеса. Так, например, принятие и выполнение предприятиями ОПК страны «Государственной программы вооружений 2010–2017 гг.» стало по сути одним из драйверов роста социально-экономических показателей как в нашей области, так и в целом в РФ. Реализация данной программы в комплексе с Федеральной целевой программой (ФЦП) дало в свое время серьезный импульс в технологическом перевооружении производственных мощностей большинства предприятий оборонно-промышленного комплекса (ОПК).

Закономерно, что дальнейшее развитие соответствующей отрасли, так же, как и отдельного предприятия будет зависеть от принятия новой программы вооружений, а также от разработки и выполнения программ диверсификации и импортозамещения. Это, в свою очередь, потребует значительных финансовых вложений в осуществление дальнейшего перевооружения предприятий ОПК, чтобы не допустить технологического отставания, о чём сказал в начале своего выступления Президент РФ В.В. Путин.

В условиях ухудшения международной обстановки подготовку к выполнению поставленных задач необходимо решать более быстрыми темпами. При этом следует учитывать, что не все предприятия ОПК по мере выполнения показателей новой Государственной Программы Вооружения (ГПВ) будут полностью готовы одновременно перейти к диверсификации, т.к. их мощности и персонал заняты выполнением госпрограмм или ФЦП практически до 2025 года. Это необходимо в перспективе учитывать при разработке программ диверсификации.

Следует подчеркнуть, что предстоящая диверсификация промышленности – это достаточно болезненный процесс, который уже был пройден в 90-е годы. Поэтому одна из важ-

нейших задач по переводу предприятий на рельсы гражданской продукции – не потерять имеющиеся заделы и компетенции в области оборонки.

В связи с изложенным, необходимо решить ряд задач на федеральном уровне:

- рекомендовать Правительству РФ разработать новые механизмы, законы и подзаконные акты, определяющие приоритеты предприятиям ОПК в части разработки и производства аналогов импортного высокотехнологичного оборудования по программам импортозамещения в интересах государственных корпораций, государственных, бюджетных и муниципальных учреждений;
- изменить соотношение уровня локализации производства иностранных комплектующих, используемых при сборке высокотехнологичной продукции, организовав их 100% производство по программам диверсификации на предприятиях ОПК;
- сделать более доступным участие предприятий ОПК в реализации проектов по разработке и освоению гражданской продукции, в т.ч. снизив количество требуемых документов;
- направить развитие части электронной промышленности на создание специализированной микроэлектроники для медицины, дефектоскопии, расходомерии, энергетики и т.д.

Причем сейчас очень важно разработать отраслевые государственные и региональные программы диверсификации предприятий ОПК России с определением конкретных направлений поддержки и источников их финансирования с параллельным внесением изменений в законодательную базу. При этом должна быть гарантирована загрузка существующих производственных мощностей предприятий заказами, как от государственных, так и монопольных структур на период реализации Стратегии социально-экономического развития региона.

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

УДК 517.9

ДОНЦОВА М.В.

**РАЗРЕШИМОСТЬ ЗАДАЧИ КОШИ ДЛЯ СИСТЕМЫ КВАЗИЛИНЕЙНЫХ
УРАВНЕНИЙ, ГДЕ $a_1(t), b_1(t), c_1(t), g_1(t), b_2(t)$ - ИЗВЕСТНЫЕ ФУНКЦИИ**

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

Системы квазилинейных уравнений встречаются в самых разных задачах из области естественных наук и используются для описания различных задач из физики и механики, математической физики, гидродинамики.

Рассмотрим систему дифференциальных уравнений в частных производных первого порядка:

$$\begin{cases} \partial_t u(t, x) + (a_1(t)u(t, x) + b_1(t)v(t, x))\partial_x u(t, x) = a_2 u(t, x) + b_2(t)v(t, x), \\ \partial_t v(t, x) + (c_1(t)u(t, x) + g_1(t)v(t, x))\partial_x v(t, x) = g_2 v(t, x); \end{cases} \quad (1)$$

где $u(t, x), v(t, x)$ – неизвестные функции, $a_1(t), b_1(t), c_1(t), g_1(t), b_2(t)$ – известные функции, a_2, g_2 – известные константы.

Для системы уравнений (1) зададим начальные условия:

$$u(0, x) = \varphi_1(x), v(0, x) = \varphi_2(x). \quad (2)$$

Задача (1), (2) определена в области $\Omega_T = \{(t, x) | 0 \leq t \leq T, x \in (-\infty, +\infty), T > 0\}$.

Получена следующая система интегральных уравнений [1], [2]:

$$w_1(s, t, x) = \varphi_1(x - \int_0^t (a_1(\tau)w_1(\tau, t, x) + b_1(\tau)w_3(\tau, t, x))d\tau) + \int_0^s (a_2 w_1(\tau, t, x) + b_2(\tau)w_3(\tau, t, x))d\tau, \quad (3)$$

$$w_2(s, t, x) = \varphi_2(x - \int_0^t (c_1(\tau)w_4(\tau, t, x) + g_1(\tau)w_2(\tau, t, x))d\tau) + \int_0^s g_2 w_2(\tau, t, x)d\tau, \quad (4)$$

$$w_3(s, t, x) = w_2(s, s, x - \int_s^t (a_1(\tau)w_1 + b_1(\tau)w_3)d\tau), \quad (5)$$

$$w_4(s, t, x) = w_1(s, s, x - \int_s^t (c_1(\tau)w_4 + g_1(\tau)w_2)d\tau). \quad (6)$$

При выполнении условий $\varphi_1, \varphi_2 \in \bar{C}^2(R)$, $a_1(t), b_1(t), c_1(t), g_1(t), b_2(t) \in C[0, T]$, $a_1(t) > 0, b_1(t) < 0, c_1(t) > 0, g_1(t) < 0, b_2(t) < 0, t \in [0, T]$, $\varphi_1'(x) \geq 0, \varphi_2'(x) \leq 0, x \in R$ доказывается, что для любого $T > 0$ задача Коши (1)–(2) имеет единственное решение $u(t, x), v(t, x) \in \bar{C}^{1,2,2}(\Omega_T)$, где $u(t, x) = w_1(t, t, x), v(t, x) = w_2(t, t, x)$, функции w_1, w_2 удовлетворяют системе интегральных уравнений (3)–(6), $\bar{C}^2(R)$ – пространство функций, определенных, непрерывных и ограниченных вместе со своими производными первого и второго порядка на R , $C[0, T]$ – пространство функций, определенных и непрерывных на отрезке $[0, T]$.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-31-00125 мол_а.

Библиографический список

1. **Донцова, М.В.** Условия нелокальной разрешимости задачи Коши для системы дифференциальных уравнений в частных производных первого порядка с правыми частями специального вида // Уфимский математический журнал. – 2014. – Т.6. – Вып 4. – С. 71–82.
2. **Иманалиев, М. И.** К вопросу существования гладкого ограниченного решения для системы двух нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных первого порядка / М.И. Иманалиев, С. Н. Алексеенко // Доклады РАН. – 2001. – Т. 379. – №1. – С. 16–21.

УДК 551.46

**ЛОБОВИКОВ П.В., РУВИНСКАЯ Е.А.,
КУРКИНА О.Е., КУРКИН А.А.**

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ РАСЧЕТА НАГРУЗОК И МОМЕНТОВ, ВОЗДЕЙСТВУЮЩИХ НА ПОДВОДНЫЕ ЧАСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ, ТРАЕКТОРИЙ ЖИДКИХ ЧАСТИЦ ПРИ РАСПРОСТРАНЕНИИ ВНУТРЕННИХ ВОЛН И МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ТРАНСПОРТА СЕДИМЕНТОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время особое внимание уделяется освоению континентального шельфа, который становится для России источником новой высокотехнологичной отрасли хозяйства. Освоение шельфа связано с нефте- и газодобычей, поиском и освоением минеральных ресурсов, полезных ископаемых и продуктов питания. Для успешного осуществления работ на шельфе российских морей требуется детальное знание гидрологических полей и силовых нагрузок, вызываемых внутренними волнами при их воздействии на гидротехнические сооружения. Известны случаи, когда такие волны наносили серьезный ущерб буровым установкам и подводным частям нефтяных платформ. Результаты численного моделирования для Южно-Китайского моря позволяют сделать вывод, что нагрузки на подводные части гидротехнических сооружений при распространении внутренних волн в разы превосходят нагрузки от поверхностных волн.

В рамках данной работы для предвычисленного поля скоростей, индуцированного внутренней волной в форме бризера, рассчитаны и визуализированы траектории частиц, продемонстрирован процесс образования взвеси и рассчитаны нагрузки на подводную колонну. Индуцированные поля плотности и скорости были получены с помощью программного пакета MITgcm, разработанного в Массачусетском Технологическом Институте. Численная модель основана на решении уравнения Навье–Стокса без учёта вязкости, теплопроводности и диффузии. Исследования проводились в трехслойной жидкости с почти симметричной стратификацией. Расчет Лагранжевых траекторий частиц, расположенных вблизи дна, поверхности и в области пикноклинов, при распространении бризера осуществлялся с помощью модуля MITgcm FLT. Продемонстрировано качественное сходство результатов моделирования с результатами, полученными для слабонелинейного волнового пакета со сходными характеристиками. Для расчета нагрузок и моментов, действующих на опоры подводных сооружений, был разработан программный пакет с интерфейсом на языке MATLAB. Моделирование процессов образования взвеси и графическое представление результатов также было реализовано с помощью встроенных средств MATLAB.

Представленные результаты получены в рамках выполнения гос. задания в сфере научной деятельности (Задание № 5.4568.2017/6.7) и при поддержке стипендии Президента Российской Федерации для молодых ученых и аспирантов на 2016-2018 гг. (СП-2311.2016.5).

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ТРАНСФОРМАЦИИ БРИЗЕРА ПЕРВОЙ МОДЫ НАД НЕРОВНЫМ ДНОМ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В работе исследовано взаимодействие бризера внутренних волн первой моды с вертикальным уступом в трехслойной жидкости в рамках полнонелинейной системы уравнений Навье-Стокса. В качестве основного инструмента моделирования использовалась глобальная модель циркуляции MITgcm, разработанная в Массачусетском Технологическом Институте. Генерация полнонелинейного бризера проводилась на основе решения слабонелинейного эволюционного уравнения Гарднера – после трансформации слабонелинейного бризера в полнонелинейный, мелкомасштабный осциллирующий хвост «отрезался». В рамках работы проводилась серия численных экспериментов с различными параметрами вертикального уступа – варьировалась как высота, так и ширина уступа (высота варьировалась в диапазоне 4 м – 20 м, ширина – в диапазоне 100 м – 500 м). В зависимости от геометрии вертикальной ступеньки наблюдались различные динамические режимы (трансформация бризера, отражение, генерация высокомодовых возмущений, генерация второго бризера первой моды). Исследования позволили сделать вывод о том, что динамика трансформации практически не зависит от ширины уступа в рассмотренном диапазоне. Согласно спектральному анализу, при высоте уступа, сравнимой с шириной нижнего слоя (12–20 м), в результате трансформации нелинейного волнового пакета происходит генерация двух полнонелинейных бризеров с различными спектральными характеристиками, при этом, наблюдается прямая зависимость между частотами сгенерированных пакетов и высотой уступа. Также, при таких высотах, наблюдается частичное отражение (довольно слабое) от зоны неоднородности дна. При относительно небольших высотах уступа (4 м – 8 м) не наблюдается ни отражения, ни генерации второго бризера.

Представленные результаты получены в рамках выполнения гос. задания в сфере научной деятельности (Задание № 5.4568.2017/6.7) и при поддержке стипендии Президента Российской Федерации для молодых ученых и аспирантов на 2016-2018 гг. (СП-2311.2016.5).

ИЗМЕНЕНИЯ АМПЛИТУДЫ УЕДИНЕННЫХ ВНУТРЕННИХ ВОЛН В ГОРИЗОНТАЛЬНО-НЕОДНОРОДНОЙ ДВУХСЛОЙНОЙ ЖИДКОСТИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

В данной работе рассматривается задача о распространении локализованного возмущения на границе раздела в двухслойной жидкости над неровным дном в виде уступа в рамках слабонелинейных моделей КдВ-иерархии для неоднородной среды. Толщина верхнего слоя жидкости при этом считается постоянной. При уменьшении общей глубины жидкости параметр усиления (аналогичный фактору Грина для поверхностных волн) за счет неоднородности дна растет, однако уменьшаются (по абсолютной величине) коэффициенты квадратичной и кубической нелинейности в уравнении. При этом возможны такие сочетания параметров среды, а также начальных значений амплитуды волны, что наблюдается уменьшение волны, а не ее усиление, ожидаемое интуитивно при выходе волны к мелководью. При увеличении общей глубины бассейна наблюдается обратная ситуация: относительная толщина

верхнего слоя уменьшается, и оба коэффициента нелинейности растут по абсолютной величине (оставаясь отрицательными), причем растут не только безразмерные, но и размерные их значения. Поэтому с ростом полной глубины волновое поле становится более нелинейным, и его амплитуда может возрастать, несмотря на то, что глубина жидкости увеличивается, и параметр усиления уменьшается.

Можно попытаться так подобрать конфигурацию среды и начальные значения солитона, чтобы амплитуда волны на границе раздела в двухслойной жидкости слабо менялась при распространении над существенно неровным дном. Такая возможность обсуждается в рамках слабонелинейной теории.

Представленные результаты получены в рамках выполнения гос. задания в сфере научной деятельности (Задание № 5.4568.2017/6.7).

УДК 6406

БЕЛЯЕВ К.Д., РЫБИН С.А., ТОРГАШЕВ М.Д.,
БАРАХТИН Д.О., КУЗНЕЦОВ Н.О., ПЮРО Л.А.

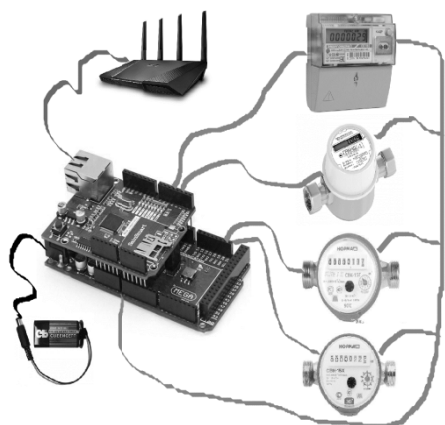
СИСТЕМА ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ПОКАЗАНИЙ СЧЕТЧИКОВ

МАОУ "Лицей № 38", г. Нижний Новгород

На сегодняшний день снятие показаний с бытовых счетчиков доставляет потребителям некоторые неудобства, одним из которых является невозможность увидеть значение показаний на данный момент дистанционно. Исходя из этого, наша команда предлагает решение этой проблемы с помощью устройства, способного автоматически снимать показания с бытовых счетчиков и передавать их значение дистанционно (рис. 1).

На сегодняшний день показания счетчиков могут быть переданы дистанционно с помощью устройства, находящегося непосредственно в самом счетчике. Такие счетчики называются «умными». Однако переход на «умные счетчики» предполагает замену уже установленных бытовых счетчиков. Кроме того, данные счетчики нередко бывают низкого качества, и как следствие могут завышать показания в некоторых случаях более, чем в 6 раз. Помимо этого «умные счетчики» открыты для внешних устройств, а значит небезопасны.

Мы предлагаем упрощенную альтернативу «умным счетчикам», а конкретно программированное устройство, подключаемое непосредственно к уже установленному счетчику. Оно считывает показания с помощью импульсного выхода счетчика и передает их на сервер. Каждой потребленной единице электроэнергии, воды, газа соответствует определенное количество импульсов. Просуммировав эти импульсы и проведя математические операции, можно получить потребленное количество электроэнергии, воды, газа.



Показания счетчиков





-  Счетчик электроэнергии: 39 (кВт*ч)
-  Счетчик газа: 8 (м3)
-  Счетчик горячей воды: 13 (м3)
-  Счетчик холодной воды: 19 (м3)

Рис. 1. Схема подключения модели устройства и окна вывода показаний

Модель нашей установки состоит из контроллера Arduino Mega, платы W5100 Shield для организации веб-сервера, независимого источника питания 12 В. К контроллеру к цифровым пинам, работающим с прерываниями, подключаются счетчики, а к плате W5100 по технологии Ethernet – роутер (рис. 2).

Основой нашей программы является функция RISING, то есть функция выполняется

при смене сигнала на PIN с низкого уровня на высокий. Точность устройства достигается снижением уровня погрешности, главной причиной которой был дребезг контактов. Влияние этого явления на устройство было устранено добавлением задержки, с помощью функции millis, между считыванием импульсов.

В итоге мы подготовили устройство, отличающееся от существующих аналогов точностью возможностью одновременного подключения четырех различных счетчиков, независимостью от наличия напряжения в сети 220 В, доступом из любой точки квартиры с любого устройства. На данный момент возможна демонстрация работы нашей модели устройства. Подачу импульсов со счетчиков моделируют выключатели.

В дальнейшем планируется добавление возможности передачи данных в глобальную сеть и возможность сохранения данных для их анализа и построения графиков, диаграмм.

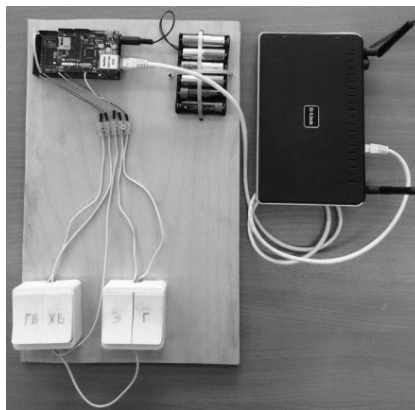


Рис. 2. Рабочая модель устройства контроля бытовых электросчетчиков

УДК 620.3

БУРДАЕВ А.С., ТРОФИМОВА И.Г.

НАНОТЕХНОЛОГИИ НА ПРИМЕРЕ НЕНЬЮТОНОВСКОЙ ЖИДКОСТИ

Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение
«Школа с углубленным изучением отдельных предметов №85»

Нанотехнологии являются одним из прорывных направлений научно-технического развития. Это сфера фундаментальной и прикладной науки и техники, имеющая дело с совокупностью теоретического обоснования, практических методов исследования, анализа и синтеза, а также методов производства и применения продуктов с заданной атомной структурой путем контролируемого манипулирования отдельными частицами вещества [2].

Цель работы – показать неограниченные возможности современной науки и техники в развитии нанотехнологий на примере неньютоновской жидкости.

Общее понятие термина «Нанотехнологии» означает создание того, что нужно человеку, из атомов и групп атомов (они называются наночастицами) при помощи специальных приборов [3].

В нанотехнологиях широко применяются свойства неньютоновской жидкости: в военной промышленности при изготовлении молекулярных бронежилетов, умного пластилина «хандгам», а также снаряжение для зимних видов спорта, чехлы для iPhone. Неньютоновскими называют жидкости, течение которых не подчиняется закону Ньютона. Целью опытов было изготовить неньютоновскую жидкость в домашних условиях, провести опыты, демонстрирующие ее свойства и сделать соответствующие выводы.

В ходе исследований получены следующие результаты:

1. Неньютоновская жидкость под действием резких сил ведет себя, как твердое тело.

2. Чем меньше масса и кинетическая энергия тела, воздействующего на неньютоновскую жидкость, тем больше неньютоновская жидкость проявляет свойства жидкой фазы. Соответственно, чем больше масса и кинетическая энергия, воздействующего тела, тем больше проявляются свойства твердого тела. Результаты опыта предоставлены в табл. 1.

3. Чем меньше высота, с которой падает тело на неньютоновскую жидкость, тем меньше неньютоновская жидкость проявляет свойства твердого тела, так как кинетическая энергия уменьшается.

Таблица 1

Тело	Масса, кг	Вес, Н	Кинетическая Энергия, Дж	Время падения, с	Время потопления, с
Латунный цилиндр	0,15	1,5	0,059	0,167	4,6
Стальной цилиндр	0,1	1	0,039	0,167	3,5
Алюминиевый цилиндр	0,05	0,5	0,0019	0,167	2,6

Прояснив понятие нанотехнологии, обозначив ее перспективы и области применений, можно сделать вывод. Нанотехнология – это молодая наука, результаты развития которой могут до неузнаваемости изменить окружающий мир. И каковы будут эти изменения - полезными, несравненно облегчающими жизнь, или вредными, угрожающими человечеству - зависит от взаимопонимания и разумности людей.

Библиографический список

1. **Алфимова, М.М.** Занимательные нанотехнологии / М.М.Алфимова. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010.
2. **Балабанов, В.** Нанотехнологии. Наука будущего / В.Балабанов, И. Балабанов. – М.: Эксмо, 2009.
3. **Кобаяси, Н.** Введение в нанотехнологию / Н. Кобаяси. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008.
4. Нанотехнологии: новый этап в развитии человечества /под ред. В. Г. Тимирясова. – 2-е изд., доп. и перераб. – Казань: Изд-во "Познание" Ин-та экономики, управ. и права, 2010.
5. Очарование нанотехнологии: [пер. с нем. Т. Н. Захаровой] /У. Хартманн; под ред. Л. Н. Патрикеева. – 2-е изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010.

УДК 658.8

ГЛУЩЕНКО В.М.

ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ БИЗНЕСА ПО РЕАЛИЗАЦИИ ПРОДУКТОВ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ

МБОУ «Школа №3», Нижний Новгород

Разработка стратегии и тактики поведения на рынке, а также анализ конкурентной среды являются сегодня одними из важнейших условий выживания предприятия. Для организаций, осуществляющих оптовую и розничную реализацию нефтепродуктов, это имеет особенное значение в силу того, что данная сфера деятельности является высокодоходной и поэтому высококонкурентной. В связи с этим в последнее время на региональных рынках появилось значительное количество мелких частных предпринимателей и фирм, стремящихся осуществлять реализацию нефтепродуктов. Этот процесс не закончился, и сейчас продолжают открываться новые предприятия. Однако высокая конкуренция рынка реализации продуктов нефтепереработки означает, что для предприятий существуют большие риски потери поставщиков и потребителей, перешедших к конкурентам. Для снижения рисков неудач при организации нового предприятия необходимо рассмотреть следующие вопросы.

Перед открытием собственной компании следует изучить перспективы продажи нефтепродуктов, чтобы определить все преимущества и недостатки выбранного направления. Так, бензин, дизельное топливо, керосин, смазочные материалы, растворители и прочие разновидности нефтепродуктов однозначно востребованы большинством современных людей и предприятий, поэтому как розничная, так и оптовая торговля этим товаром всегда будет иметь своего покупателя.

Обязательно в бизнес-план должны быть включены расчеты относительно затрат на создание бизнеса, его дальнейшее развитие и окупаемость новой компании. На основании проведенных расчетов определяют общую сумму инвестиций для открытия предприятия, сделав вывод о будущих источниках финансирования нового бизнес-проекта. К примеру, если собственных средств предпринимателя недостаточно, он может прибегнуть к банковскому кредитованию.

Что касается транспортных расходов, для оптовых продаж и доставки нефтепродуктов понадобится специальная транспортная техника – бензовозы. Так как такие машины имеют немалую стоимость и их приобретение может стать слишком затратным для начинающего предпринимателя, то в первое время придется арендовать транспорт вместе с водителем. Кроме автомобилей, продажа и доставка топлива потребует закупки и другого специального оборудования.

Персонал для предприятия, занимающегося оптовыми продажами нефтепродуктов, может быть небольшим: при отсутствии собственного нефтехранилища можно ограничиться наймом в штат одного или двух менеджеров по связям с поставщиками и поиску клиентов. Бухгалтера, водителя и некоторых других сотрудников на этапе открытия компании можно привлекать по необходимости на основе аутсорсинга. Правда, все сотрудники, непосредственно контактирующие с товаром, должны иметь опыт работы с нефтепродуктами и быть должным образом обучены во избежание возникновения опасности для окружающей среды и людей.

Следующий аспект, который нужно изучить – перспективность оптовых продаж. Конечно же, цель такого бизнеса – местные потребители, а затем, по мере освоения регионального рынка, можно выходить на общероссийский. Необходимо учесть следующие особенности оптовых продаж. Во-первых, они предполагают заключение длительных договоров с покупателями и исключают постоянный поиск путей сбыта продукции. Во-вторых, занимаясь оптовой продажей нефтепродуктов, можно стать официальным дилером определенных компаний, тем самым заняв на рынке перспективное положение.

УДК 537.6

ЖИДКОВА А.К., КОРОЛЕВА Е.В.

МАГНИТЫ И ЭЛЕКТРОМАГНИТЫ

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

Магниты и магнетизм нас окружают повсеместно. Магнетизм и все, что с ним связано, - не менее важная часть нашей повседневной жизни, чем электричество. Мы используем магниты, чтобы прикрепить записку на холодильник, чтобы понять, где север, а где юг, чтобы сохранить информацию на кредитной карте или на жестком диске компьютера. Притяжение между противоположными полюсами магнитов кажется нам таким естественным явлением, что, вероятно, именно оно, а не притяжение между равномерными электрическими зарядами, приходит нам на ум, когда мы слышим привычную фразу «противоположности притягиваются».

Магнитное поле создает движущийся электрический заряд.

Представьте себе удивление, которое испытывает датский физик Ханс Христиан Эрстед (1777- 1851), когда в 1820 году он увидел, как ток, текущий по проводам, заставил вращаться стрелку находившегося рядом компаса. До этого момента электричество и магнетизм

считались несвязанными явлениями. Вдохновленный опытами Эрстеда, французский физик Андре- Мари Ампер в течении семи лет изучал связь между электричеством и магнетизмом, положив начало научной революции, которая в конечном итоге объединила эти понятия в рамках единой всеобъемлющей теории.

Если мы попробуем с помощью железных опилок проявить линии магнитной индукции вокруг прямого проводника, по которому течет ток, нас ждет сюрприз. Линии магнитной индукции окружают провод системой концентрических окружностей, причем расстояние между двумя соседними окружностями тем больше, чем дальше от проводника. Проводник является электромагнитом - так называют устройства, которые становятся магнитными, когда через них течет электрический ток. Но так как электромагнит не имеет истинных магнитных полюсов, линии магнитной индукции не могут пролегать от северного полюса до южного. Вместо этого каждая линия магнитной индукции представляет собой замкнутый контур. Так что, если вы, следуя указаниям компаса, отправитесь вдоль одной из этих линий, вы будете снова и снова ходить по кругу.

Поскольку густота линий магнитной индукции выше всего возле поверхности проводника, значит, там самое сильное магнитное поле. Помня о том, что железо притягивается в сторону увеличения магнитного поля, убеждаемся, что проводник притягивает железо, когда по нему течет ток.

При протекании тока через катушку расположенный рядом железный объект (например, частица опилок) намагничивается вдоль магнитного поля, а затем движется в сторону увеличения поля - к густым линиям магнитной индукции в конце катушки. Поскольку силовые линии уходят в середину катушки, где они становятся еще гуще, железная частица будет втягиваться в середину катушки!

Пока через катушку течет ток и пока железный сердечник находится внутри нее, эти два объекта действуют как единый мощный электромагнит. Магнитное поле, окружающее их, складывается из относительно скромного магнитного поля катушки и гораздо более сильного намагниченного железного сердечника. В сущности, ток в катушке намагничивает железо, и железный сердечник затем создает большую часть окружающего магнитного поля. Реальные электромагниты, которые управляют переключателями и клапанами в печах или кондиционерах и которые в состоянии подцепить и перенести в другое место кузов автомобиля на свалке металлолома, как правило, используют железо или похожие на него материалы, чтобы значительно усилить магнитное поле, создаваемое током в катушке. Магниты и магнетизм – это по-прежнему огромное поле деятельности для изучения имеющее огромное прикладное значение.

-
1. Блумфилд, Луис А. Как все работает. Законы физики в нашей жизни. – М.: Издательство АСТ: CORPUS, 2017. – 704 с.

УДК 669

САМАРСКИЙ С.Н., МАЛЬЦЕВ И.М.

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТНОЙ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ТОКОМ ВЫСОКОЙ ПЛОТНОСТИ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА СТАЛИ 80Х6НФТ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Цель работы – исследование структуры и свойств инструментальной стали марки 80Х6НФТ после скоростной электротермической обработки (СЭТО).

Для проведения экспериментов на образцах длиной 100 мм, сечением 8х2 мм, использовали электроконтактный нагрев током высокой плотности $1,403 \cdot 10^8$ А/м² в импульсном режиме: длительность импульса 0,02 с, длительность паузы 0,02 с, частота импульсов 25 Гц. Мощность на образце за 1 с 9443 Вт. Температура при нагреве за 1 с 378 °С.

Термическую обработку проводили по следующим режимам: 1) Печная закалка (950 °С) с последующим отпуском методом СЭТО; 2) Закалка методом СЭТО с последующим печным отпуском (200 °С 2 ч); 3) Закалка методом СЭТО.

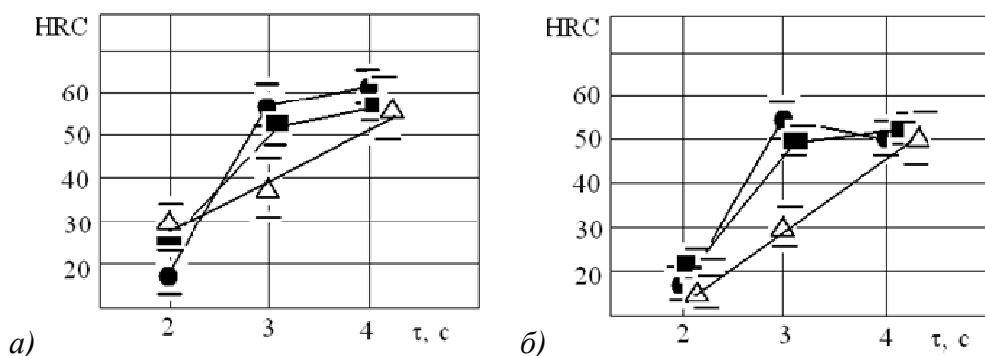


Рис. 1. Твердость стали 80X6HFT после закалки методом СЭТО при разном времени нагрева, среды охлаждения:
 ● - вода; ■ - масло; △ - воздух: *a* – без последующего отпуска;
б – с последующим печным отпуском при 200 °С за два часа

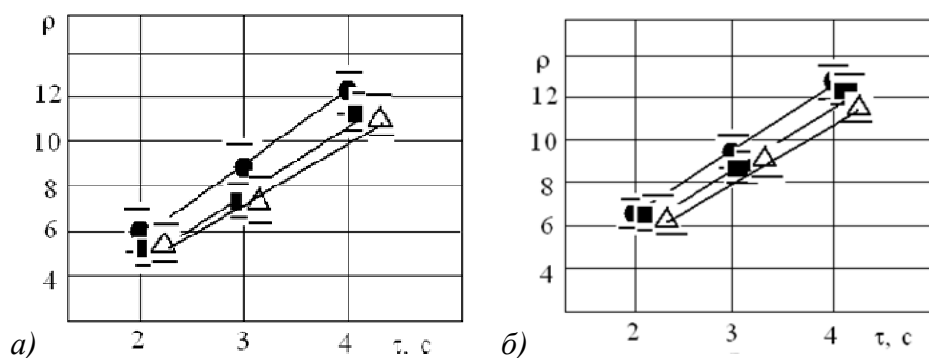


Рис. 2. Удельное электрическое сопротивление ρ (Ом мм²/м) стали 80X6HFT после закалки методом СЭТО при разном времени нагрева, среды охлаждения:
 ● - вода; ■ - масло; △ - воздух: *a* – без последующего отпуска;
б – с последующим печным отпуском при 200 °С за два часа

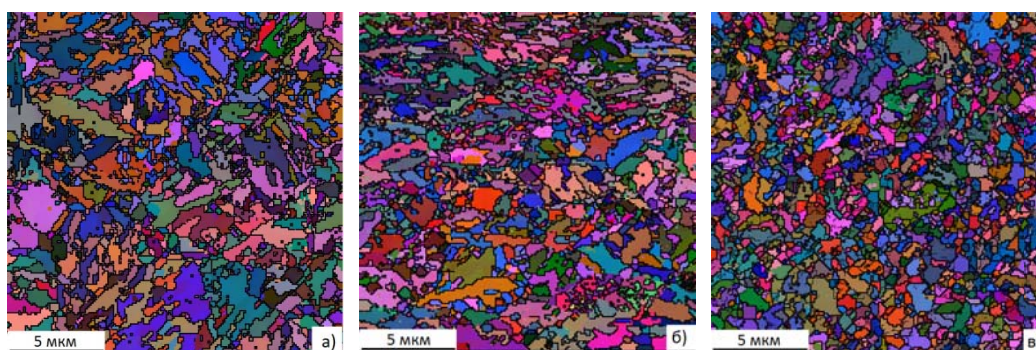


Рис. 3. Изображения карт ориентации образцов после печного нагрева в 950 °С с охлаждением в масле и разными режимами отпуска:
a – печной отпуск 200 °С 2 ч; *б* – СЭТО, время нагрева 1 с;
в – СЭТО, время нагрева 2 с

Твердость стали после печной закалки в масло и после СЭТО в масло приблизительно одинакова, структура в обоих случаях – мартенсит закалки. Наибольшая твердость получается при закалке методом СЭТО в воду при продолжительности времени нагрева 4 с. Увеличение времени при СЭТО, повышает значение удельного электрического сопротивления исследуемой стали. Рост удельного электрического сопротивления объясняется сокращением карбидной фазы [1].

Низкий печной после закалки методом СЭТО приводит к снижению твердости, но не снижает удельное электрическое сопротивление, структура – мартенсит отпуска. Отметим, что при отпуске методом СЭТО явление снижения твердости не наблюдается.

Время нагрева при отпуске методом СЭТО: 1 с соответствует температуре низкого отпуска, структура – тростомартенсит; 2 с соответствует температуре высокого отпуска, структура – сорбит отпуска; 3 с достигается температура $t = 900\text{ }^{\circ}\text{C}$, при этом происходит процесс закалки на воздухе.

Время нагрева при закалке методом СЭТО в воде (в масле): 2 с, структура – феррито-цементитная смесь, характеризуется большим значением малоугловых границ и малым значением специальных границ, закалка не произошла; от 3 с, структура – мартенсит закалки, характеризуется уменьшением доли малоугловых границ и ростом доли специальных границ.

Таким образом, применение технологии СЭТО для проведения отпуска исследуемых образцов не приводит к значительному снижению значений твердости, не смотря на завышение температуры отпуска, сохраняя тем самым высокую износостойкость материала. Микроструктуры образцов после печной закалки с $950\text{ }^{\circ}\text{C}$ и закалки методом СЭТО (время нагрева 3) с с охлаждением в масле и последующим отпуске в $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ имеют схожее зернограничное и субграничное строение, однако значение твердости образцов при закалке методом СЭТО выше. Несмотря на значительное завышение температуры закалки при СЭТО и высокие скорости нагрева, микроструктура образцов не имеет следов перегрева и пережога и других нежелательных дефектов. Проведенные исследования по определению влияния режимов СЭТО на структуру и свойства стали 80Х6НФТ позволяют выбрать оптимальный режим термообработки и получить материал с заданными характеристиками. Отличие от печного отпуска отпуск методом СЭТО осуществляется за очень короткое время (секунды).

Библиографический список

1. Мальцев, И. М. Стабильность свойств доэвтектоидных конструкционных сталей после скоростной электротермической обработки // Материаловедение. 2003. № 2. – С. 49-52.
2. Мальцев, И. М. Исследование влияния скоростной физикотехнической обработки током высокой плотности на структуру и свойства инструментальной стали 8Х6НФТ / И.М. Мальцев, Б.В. Устинов; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2014. – № 5 (107), специальный выпуск. – 460 с.
3. Лахтин, Ю. М. Материаловедение / Леонтьева В.П. – М. М: Машиностроение, 1990. – 527 с.

УДК: 004.92

ТИМОФЕЕВ Е.Р., САЧКОВ А.Д.

ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ТРАССИРОВКИ ЛУЧЕЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ТРЕХМЕРНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ

МАОУ "Лицей №38", г. Нижний Новгород

На протяжении десятилетий предприятия искали фотографов для того, чтобы собрать изображения или видео для журнала или веб-сайта, у них не было другой альтернативы, кроме как связаться со студией и создать фотосессию. Традиционная фотография, безусловно, все еще имеет место и никогда не исчезнет, но сегодня предприятия, которые нуждаются в визуальном контенте, имеют другое решение: трехмерная визуализация - это раздел компьютерной графики, посвященный методам создания изображений или видео путём моделирования объёмных объектов в трёхмерном пространстве. То есть можно самим задать координаты и свойства объектов, но для того чтобы увидеть, как выглядит полученный результат, необходимо эти объекты отрендерить (отрисовать). Один из методов рендеринга - это трассировка лучей.

Трассировка лучей - это один из методов геометрической оптики - исследование оптических систем путём отслеживания взаимодействия отдельных лучей с поверхностями. Технология трассировки лучей позволяет создать реалистичные изображения реального ми-

ра, включая отрисовку теней, моделирование освещения и зеркальных отражений. Алгоритм трассировки лучей можно описать следующими шагами:

- зафиксировать точку обзора и рамку, через которую происходит наблюдение;
- для каждого пикселя холста определить квадрат рамки, соответствующий этому пикселю;
- определить цвет, видимый сквозь этот квадрат;
- закрасить пиксель этим цветом.

Для создания трехмерного изображения объекта пришлось симулировать источники света. В работе исследуется использование источников освещения трех типов: точечного, направленного и внешнего. Получены отображения объекта с использованием источника освещения каждого типа, а также в случае их комбинации.

Прежде чем осуществить рендеринг, нужно определить, что мы хотим увидеть в результате. Для этого составляется сцена, в которой размещаются предметы и объекты различной формы: задаётся их размер, цвет, отражающая способность и другие свойства. Все объекты на сцене представлены в виде примитивов - простейших геометрических форм, из которых можно создать более сложные предметы. В нашем случае такими примитивами являются треугольники и сферы. Для того, чтобы использовать уже готовые модели, созданные 3D-дизайнерами, была реализована возможность загрузки сцен в формате .obj из Интернета.

В работе был применен объектно-ориентированный подход, так как предполагаемые к изображению примитивы обладают некоторыми однотипными параметрами и методами. Был создан родительский класс для описания объектов и наследующие его классы "сфера" и "треугольник", что позволило сделать код более универсальным.

При загрузке сложных моделей объектов время работы программы оказалось достаточно большим. Для сокращения времени отрисовки трехмерного изображения было осуществлено распараллеливание работы основной части кода. Для этого использовались ресурсы дополнительной библиотеки *itbb*, позволяющие распределить работу между ядрами вычислительного устройства. В результате время работы программы сократилось в несколько раз (в зависимости от мощности компьютера).

Таким образом в ходе работы были изучены основные подходы к созданию трехмерного изображения объектов путем трассировки лучей и создано программное обеспечение, реализующее изученные алгоритмы.

УДК: 004.92

ТРАХАНОВА А.А., ТРОФИМОВА И.Г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЯМОГО И ОБРАТНОГО ОСМОСА В ЖИДКОСТЯХ НА ПРИМЕРЕ РАСТЕНИЙ

МАОУ «Школа с углубленным изучением отдельных предметов № 85»

Осмоз обуславливает поднятие воды по стеблю растений, рост клетки. Осмотические явления используются в промышленности. Данное явление встречается в быту, например, для очистки водопроводной воды используются фильтры, основанные на явлении обратного осмоса [4].

Осмоз (от греч. $\sigma\mu\omicron\varsigma$ – толчок, давление) – это диффузия веществ через полупроницаемые мембраны. Впервые осмоз наблюдал французский ученый Ж. А. Нолле в 1748 году, позднее осмоз открыл в 1805 году русский академик Г.Ф. Паррот [2].

Целью работы является экспериментальное подтверждение существования осмоса и исследование его особенностей. Тема исследования очень актуальна: осмоз имеет большое значение для растительных и животных организмов и для человека в целом.

Передо мной стояли следующие задачи: изучить историю открытия данного явления, его теоретические основы и виды; рассмотреть действие явления осмоса в живых организмах на

примере растений и его применение в быту и промышленности; провести опыты, демонстрирующие явление осмоса в клетках растений, рассчитать скорость осмоса в растительных клетках, узнать зависимость скорости осмоса от температуры и построить график этой зависимости.

Существуют разные виды осмоса: эндосмос и экзосмос; обратный осмос и прямой. Осмотическое давление - термодинамический параметр, характеризующий стремление раствора к понижению концентрации при соприкосновении с чистым растворителем вследствие встречной диффузии молекул растворённого вещества и растворителя [6].

Во всех исследованиях были использованы растения, так как осмос является основой роста и питания клеток и на примере растений можно визуализировать данное явление.

В опыте № 1 «Осмоз в клетках цветов» я наглядно продемонстрировала, как красящее вещество, растворенное в воде, поднялось по стеблю герани и заполнило через мембрану – клеточную стенку все клетки листа. Я выяснила, что после замены красителя на чистую воду возврат к первоначальному цвету листа не происходит, наблюдается заметное остаточное окрашивание листьев, т.е обратный осмос полностью не вытеснил краситель из клеток листа. В опыте № 2 «Осмоз в клетках овощей (моркови)» в этом опыте в результате осмотического давления вода вытесняется из клеток моркови и растворяет сахар и соль.

В опыте № 3 «Осмоз в клетках овощей (картофеля)» Согласно данным, полученным в этом опыте, я составила таблицу и построила график зависимости скорости осмоса от разных внешних показателей (табл. 1, рис. 1).

На I графике приведена зависимость скорости осмоса между солью и картофелем при $t = +3^{\circ}\text{C}$. На II графике – зависимость между солью и картофелем при $t = +60^{\circ}\text{C}$. На III графике – зависимость между сахаром и картофелем при $t = +60^{\circ}\text{C}$. На IV графике – зависимость между сахаром и картофелем при $t = +3^{\circ}\text{C}$.

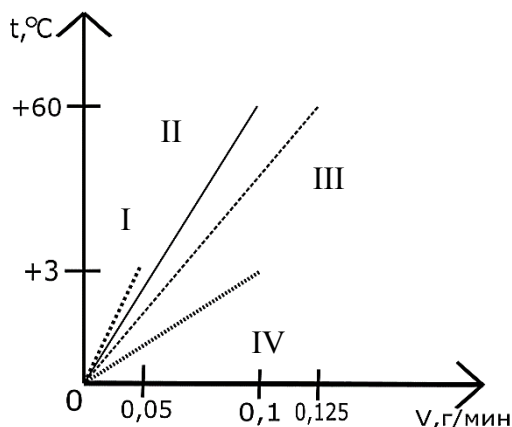


Рис. 1

Таблица 1

Род вещества	Температура окружающей среды, °C	Масса вещества, г	Скорость растворения, г/мин	Время растворения, мин
Сахар	+60	1	0,125	8
		2	0,125	8
	+3	1	0,1	10
		2	0,1	10
Соль	+60	1	0,1	10
		2	0,1	10
	+3	1	0,05	20
		2	0,05	20

Библиографический список

1. Большая Российская энциклопедия: 35 том. – М: Большая Российская Энциклопедия, 2014.
2. Арабаджи, В.И. Загадки простой воды (В мире воды и льда) / В.И. Арабаджи. – М.: Знание, 1973. – 96 с. («Народный университет». Естественнонаучный факультет)
3. Гриффин Д., Новик Эл., Живой организм, пер. с англ., 1973; Нобел П., Физиология растительной клетки (физико-химический подход), пер. с англ., М., 1973.
4. Интернет ресурс <http://soviet-ingenera.com>
5. Интернет ресурс <http://potential.org.ru>
6. Интернет ресурс <https://ru.wikipedia.org/wiki>

УДК 681.5

ЦВЕТОВ Д.Ю.

НАЗНАЧЕНИЕ ТОЧЕК КОНТРОЛЯ ДЛЯ ПОИСКА НЕИСПРАВНОСТЕЙ В ОБЪЕКТАХ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

МАОУ Лицей № 38

В процессе функционирования технических систем требуется постоянный контроль их работоспособности и поиск возникших неисправностей для предотвращения аварийных ситуаций. Для этого при проектировании систем необходимо определить минимальную совокупность контрольных точек для снятия диагностической информации, т.е. обеспечить контролепригодность системы с помощью встроенной или внешней системы диагностики.

Любая техническая система может быть представлена структурной или функциональной схемой, которая для целей диагностирования представляется логической моделью. Для этого функциональные блоки объекта диагностирования (ОД) заменяются логическими. Логический блок должен иметь только один выход. Если функциональный блок ОД имеет несколько выходов, производим его расщепление на число логических блоков, равное числу его выходов. При этом для каждого логического блока оставляются только существенные входы, т.е. те, которые влияют на значение данного выхода. Построенная логическая модель представляется графом G на множестве V вершин, и для его анализа используется теория графов.

В качестве математического эквивалента граф-модели ОД используется матрица смежности $C = ||c_{ij}||$, $i, j = 1, \dots, n$, в которой $c_{ij} = 1$, если существует дуга, соединяющая вершины v_i и v_j в графе, и $c_{ij} = 0$ в противном случае. По матрице смежности строится матрица достижимости D графа по следующему алгоритму.

В i -й ($i=1, 2, \dots$) строке матрицы C выделить столбцы, содержащие 1. Пометить строки матрицы C под этими же номерами. К помеченным строкам применить ту же процедуру до тех пор, пока в строках не останутся только нулевые элементы. В i -ю строку матрицы D записать логическую сумму i -й строки и помеченных строк. В главную диагональ матрицы D поставить единицы.

В полученной матрице достижимости D элемент $d_{ij} = 1$, если вершина v_j достижима из вершины v_i , и $d_{ij} = 0$ в противном случае.

Пусть $X = \{x_1, \dots, x_k\}$ – множество входов, а $Z = \{z_1, \dots, z_p\}$ – множество выходов граф-модели ОД. Вершины x_i и z_j в графе G , где $x_i \in X$, $z_j \in V$, образуют проверку (x_i, z_j) , если результат тестового воздействия, поданного на вход элемента x_i , может быть снят на выходе элемента z_j . При этом сигнал, снимаемый с выхода элемента z_j , является диагностическим параметром объекта, и для его измерения необходимо реализовать в данном месте контрольную точку – подключить датчик или разъем для измерения значения сигнала. Если при подаче входного воздействия на элемент x_i по параметру z_j можно судить о наличии дефекта в блоке, соответствующем вершине с номером k , то проверка $b(x_i, z_j)$ контролирует исправность элемента k .

Вектора проверок $b(x_i, z_j)$, включаемые в матрицу проверок B для поиска дефектов, находятся логическим умножением строки матрицы D под номером i на ее столбец под номером j . Если результат не нулевой вектор – проверка существует, результат записывается в строку матрицы проверок B , размер которой $n \times m$, где m – число проверок. Совпадающие по значению столбцы матрицы B определяют неразличимые дефекты. Для обеспечения различимости дефектов составляются всевозможные двухэлементные пары из номеров совпадающих столбцов, и строится матрица E различимости дефектов – для пары неразличимых дефектов (i, j) складываем по модулю 2 i -ю и j -ю строки матрицы достижимости. Результирующий вектор содержит единицы в столбцах, номера которых определяют точки контроля, разбивающие данную неразличимую пару дефектов.

Минимальное покрытие строк столбцами матрицы E определяет минимальное число точек контроля, обеспечивающий различимость всех дефектов.

КОММЕРЦИАЛИЗАЦИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ (УМНИК)

УДК 66.074

АГАФОНОВ Н.А., СТЕПЫКИН А.В., СИДЯГИН А.А.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ КОНТАКТНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ РЕКУПЕРАЦИИ ТЕПЛА ПРИ МАССООБМЕННЫХ ПРОЦЕССАХ

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

Одним из направлений ресурсосберегающей энергетики является использование установок вторичной переработки газовых выбросов. На сегодняшний момент они получили довольно широкое распространение в промышленности разных стран [1-2]. В рамках использования приведенной технологии улавливания CO₂ из газовых выбросов, предлагаются многочисленные варианты рекуперации теплоты в колоннах, согласно [2]. Причем такие варианты предусмотрены как в абсорбере, поглощающем CO₂, так и в десорбере, в котором CO₂ выделяется.

Технологически реализация данных вариантов рекуперации довольно затруднительна, в связи со значительным увеличением элементов оборудования, сложностью трубопроводной обвязки. Кроме этого, использование большого числа контуров теплоносителя существенно увеличивает потери таких низкопотенциальных источников теплоты.

Альтернативой конструктивного решения колонн абсорбции и десорбции является использование специальных контактных устройств, имеющих в своем составе теплообменные элементы. Таким образом, внутренние устройства в колонне могут совмещать функции тепло и массообмена, оптимизируя сорбционный (десорбционный) процесс по высоте аппарата, и рекуперировав его от разных источников энергии.

Одним из перспективных типов контактных устройств являются насадочные, выполненные на основе регулярных структур. Разработка таких устройств ведется на базе кафедры ТОХПП ДПИ НГТУ. Основными причинами, обуславливающими трудность их внедрения, является непроработанность технологии изготовления, необходимость проведения исследования существующих устройств, и оптимизации их конструкции.

Первые пилотные испытания [3, 4] показали, что одно из контактных устройств данной группы работает на уровне контактных устройств ведущих производителей представленных на российском рынке, таких как Koch-glich, Sulzer, Инжехим и др. Кроме этого немаловажным фактором, с точки зрения контактных устройств является гидравлическое сопротивление, которое также невелико (3–4 мБар/м). Таким образом, применение контактных устройств в рамках реализации рекуперации тепла при переработке газовых выбросов является весьма перспективным направлением.

Библиографический список

1. **Amrollahi, Z.** Optimized process configurations of post-combustion CO₂ capture for natural-gas-fired power plant-energy analysis / Z. Amrollahi [et al.] // Int. J. Greenh. Gas Control. – 2011. – Vol. 5. – P. 1393–1405.
2. Yann Le Moullec, Process modifications for solvent-based post-combustion CO₂ capture/ Thibaut N., Adam Al Azk [et al.] // Int. J. Greenh. Gas Contr. – 2011.–31–P. 96–112.

3. **Степыкин, А. В.** Исследование гидравлических особенностей работы блочно-модульного тепломассообменного контактного устройства / А. В. Степыкин, А. А. Сидягин // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2015. – № 5. – С. 7–9.
4. **Степыкин, А. В.** Массообменные характеристики регулярной насадки с внедренными теплообменными модулями / А. В. Степыкин, А. А. Сидягин, В. М. Ульянов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – № 3. – С. 445–452.

УДК 004.9

ДУБОВ М.С.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ СТАНКОМ ЧПУ С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ РАСПОЗНАВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

На сегодняшний день контроль позиционирования, поиск базовой точки и подбор оптимального режима работы режущего инструмента промышленных станков ведется как правило по средствам трудовой деятельности оператора. Программное обеспечение станка работает по строгим, наперед заданным командам управления (g-code).

Команды управления, объединенные в управляющую программу, перемещают активный инструмент от точки к точке с заданной скоростью. В зависимости от типа станка точки могут быть заданы в различных системах координат. Программа может быть воспроизведена неограниченное количество раз. Время выполнения программы зависит от данных введенных в процессе ее подготовки. Однако при применении одной и той-же управляющей программы к разным заготовкам оптимальный режим работы станка становится возможно подобрать, ограничивая возможности станка усредненными справочными данными. То есть там, где станок мог бы выполнить программу за один час, приходится тратить гораздо больше времени.

Применение комплексной обратной связи позволит эффективно подбирать режим работы станка, не допуская развития критических ситуаций – таких как биение рабочего инструмента, не прожиг металла лазером, столкновение рабочего инструмента с препятствием. Одним из универсальных способов получения комплексной обратной связи является видеоконтроль. В совокупности с алгоритмами анализа изображений применение данного подхода позволяет получить базовую точки при произвольном расположении заготовки, оценить безопасность траектории режущего инструмента, изменить ее если это требуется. Несравненным преимуществом такого вида обратной связи является возможность подавления резонансных воздействий рамы станка. Таким образом становится возможным скорректировать неточности механики станка – люфты, несносности направляющих. Все это становится возможным провести в режиме автокалибровки.

На данный момент системы управления станками не имеют функционала для получения, обработки и применения комплексной обратной связи. Например, блок системы контроля профиля листа на станках лазерной резки либо плазменного раскроя не может четко ответить на вопрос безопасна ли траектория для перемещения. Функции контроля возложены на оператора станка.

Использование обратной связи на основе технологии анализа изображений позволит сократить время позиционирования изделия на поле станка, избавит оператора от необходимости точного позиционирования материала на поле станка и постоянного отслеживания режима работы станка. Позволит с легкостью перемещать изделие между станками с целью удешевления стоимости производства и оптимизировать скорость работы инструмента, не позволяя ему выходить на критические режимы работы.

Внедрение комплексной обратной связи в программное обеспечение, взаимодействующее с механикой станка позволит существенно улучшить качественные характеристики работы станка. Сократить время обработки за счет подбора оптимального режима работы и последующего его поддержания на протяжении всего цикла обработки. Исправить недоста-

ток жесткости рамы, корректируя режим работы и не допуская попадания в зону резонанса. Особенно эффективным такой контроль является при неустойчивых режимах – например режимах сварки металлов, наплавки, 3д печати. Где из-за температурных деформаций требуется корректировка траекторий активного инструмента.

Программный продукт планируется реализовать для двух категорий пользователей: для производителей станка и для пользователей станков. Во втором случае функционал программы будет доступен лишь частично.

УДК 621.337.41

КЕЧКИН А.О., БЕРДНИКОВ И.Е., СЛУЗОВ А.П.

ЭЛЕКТРОПРИВОД ЭЛЕКТРОУСИЛИТЕЛЯ РУЛЯ НА БАЗЕ СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ДАТЧИКОМ ПОЛОЖЕНИЯ РОТОРА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время в промышленности началось активное использование систем электропривода, где в качестве исполнительной машины применяется синхронный двигатель (СД) с постоянными магнитами на роторе. Разработанная система электропривода внедрена на рулевой рейке для создания дополнительного усилия на рулевом колесе. Функциональная схема данной системы представлена на рис. 1.

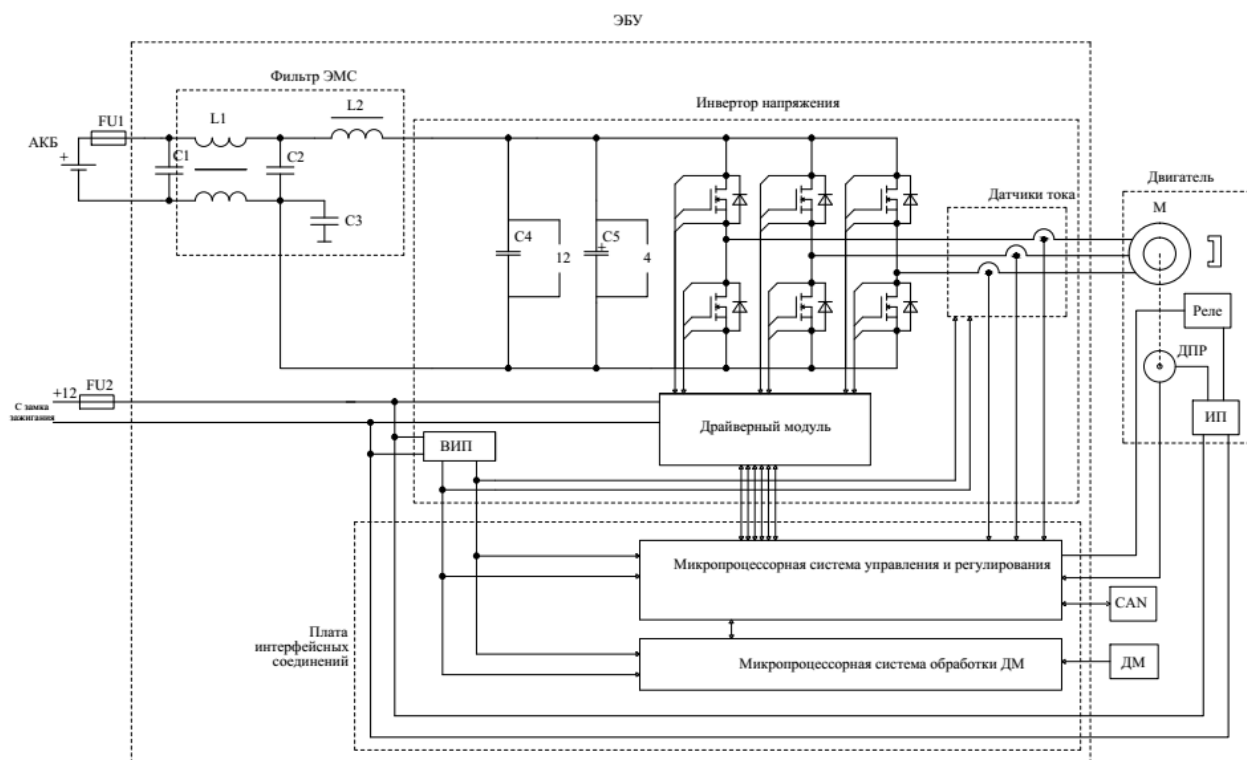


Рис. 1. Функциональная схема электропривода усилителя руля

Электропривод на основе СД с датчиком положения ротора (ДПР) является полной аналогией электропривода на основе двигателя постоянного тока (ДПТ), однако имеет ряд преимуществ. У синхронного двигателя в два раза выше постоянная момента, поэтому СД потребляет примерно в два раза меньший ток по сравнению с ДПТ для создания одного и того же момента. Также синхронный двигатель не имеет коллекторно-щеточного узла, что существенно повышает его надежность. Коллектор у СД реализован программно, его фазы переключаются согласно сигналу с ДПР. Возможность переключения фаз обеспечивается

управляемым инвертором напряжения. В совокупности СД, инвертор напряжения и ДПР образуют замкнутую систему, которую принято называть вентильным двигателем (ВД) [1,2].

В данном вентильном двигателе применяется абсолютный датчик положения ротора. Он дает точную информацию о пространственном расположении ротора, но требует дополнительных вычислений для определения последовательности коммутирования нужных фаз двигателя.

Электродвигатель питается от интеллектуального инвертора напряжения. Данный инвертор напряжения является низковольтным, полностью управляемым. Построен на современных МОП-транзисторах, которые управляются драйверами, имеющими возможность реализации аппаратной защиты транзисторов от сверхтоков.

Микропроцессорная система управления и регулирования построена на основе микроконтроллера STM32F429. В ней реализован цифровой контур тока, настроенный на модульный оптимум, цифровой коллектор, обработчик сигнала задания с датчика момента на рулевом колесе.

В настоящее время разработанный электропривод проходит стендовые и ходовые испытания в составе электроусилителя руля малотоннажного автомобиля.

Библиографический список

1. **Терехов, В.М.** Системы управления электроприводов: учебник для студ. высш. учеб. заведений / В.М. Терехов, О.И. Осипов; под ред. В.М. Терехова. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 304 с.
2. **Чернов, Е.А.** Комплектные электроприводы станков с ЧПУ: справочное пособие / Е.А. Чернов, В.П. Кузьмин. – Горький: Волго-Вятское кн. изд-во, 1989. – 320 с.

УДК 665.383.4

КАНАКОВ Е.А., МИРОНОВА В.Ю., ОТОПКОВА К.В., ЕСИПОВИЧ А.Л.

АНТИФРИКЦИОННЫЕ МАСЛА ДЛЯ МЕТАЛЛООБРАБОТКИ С УЛУЧШЕННЫМИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ СВОЙСТВАМИ

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

Промышленные смазки широко применяются в металлообрабатывающей промышленности. Традиционной основой для промышленных смазок являются минеральные или синтетические масла.

В настоящий момент остро встает вопрос о загрязнении окружающей среды различными продуктами нефтепереработки. В частности, отработанные нефтяные масла являются одним из самых серьезных источников загрязнения почвы и водоемов. В связи с этим все более актуальным направлением в промышленности становится переход на возобновляемые экологичные биоразлагаемые виды сырья для получения различных материалов. Одним из таких видов сырья являются растительные масла и их производные, такие как метиловые эфиры жирных кислот.

Задачей данного исследования было создание новой смазочной композиции на основе производных растительных масел для производства труб на стадии экспандирования (формовки и калибровки).

Полный функционал экспандерных масел зависит от оборудования и процесса, но практически все из них должны обладать стабильностью масляной пленки, адгезионной способностью, защитой от износа и эмульгируемостью.

Для получения основы экспандерного масла использовались рапсовое и соевое масла и продукты их переэтерификации метанолом (метиловые эфиры жирных кислот). Масла и эфиры подвергали окислению барботированием кислорода воздуха при температурах 120-180 °С в течение 8-24 ч до достижения кинематической вязкости при 100 °С – 40-50 сСт. У получившихся продуктов измерялись: кинематическая вязкость при 40 и 100 °С, стабильность вязкости после озвучивания на ультразвуковой установке в течение 60 мин, кислот-

ное число. Также измерялось изменение кинематической вязкости в длительном интервале времени (1, 2, 3 месяца хранения при комнатной температуре). Для сравнения реологических и трибологических характеристик использовали промышленный образец экспандерного WEDOLIT на минеральной основе с добавлением полимерного загустителя.

В ходе работы было установлено, что полученные образцы на основе эфиров жирных кислот по своим вязкостным характеристикам не уступают маслу WEDOLIT: индекс вязкости окисленных эфиров составил – 108, WEDOLIT – 103. Результаты трибологических испытаний также показали высокую эффективность экспандерного масла на основе эфиров жирных кислот.

Более высокий индекс вязкости показал образец на основе окисленного растительного масла - 194, однако стабильность такой основы оказалась несколько ниже - потеря вязкости после ультразвукового облучения - 20,9 %. Наибольшую стабильность к деструкции показал образец на основе эфиров жирных кислот - потеря вязкости 10,5%. Потеря вязкости промышленного образца составила 27,1%.

Таким образом, наилучшие эксплуатационные свойства показали масла, полученные окислением эфиров жирных кислот. Данные масла обладают высокими реологическими и трибологическими свойствами без добавления дорогостоящих вязкостных и противоизносных присадок и при этом существенно превосходят минеральные масла по стабильности к деструкции.

УДК 658.7(075.8)

КЛОЧКОВА П.М., КОРЧАЖКИНА Д.А., ЛОБАНОВА Н.В.

СОЦИАЛЬНАЯ АДАПТАЦИЯ ПОДРОСТКОВ И МОЛОДЕЖИ «ГРУППЫ РИСКА» ПУТЕМ ПРИВЛЕЧЕНИЯ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ВИДЫ СПОРТА

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

Социальная адаптация молодых людей «группы риска» является значимой проблемой для общества в целом и институтов социализации, в частности, семьи и образовательных учреждений. Такие люди наиболее остро нуждаются в поддержке и помощи, однако отсутствие развитой системы учреждений реабилитации лиц, освобожденных от отбывания наказания, осложняет процесс их социальной адаптации. В основных направлениях государственной социальной политики по улучшению положения детей в Российской Федерации главной целью является обеспечение социализации детей, находящихся в особо трудных обстоятельствах, их полноценная реабилитация. В этой связи рассмотрение проблемы социальной адаптации молодых людей, отбывших уголовное наказание в исправительных учреждениях является особенно актуальным.

Для решения проблемы социальной адаптации считаем целесообразным и необходимым обеспечить организацию здорового, содержательного досуга, который будет соответствовать реальным потребностям и интересам молодежи XXI века и в то же время способствовать формированию личности с активной жизненной позицией.

Потребность молодежи в острых необычных ощущениях толкает многих на употребление алкоголя и наркотиков, что создает криминогенную обстановку в обществе. Экстремальный досуг поэтому стал жизненно необходимым видом деятельности современной молодежи. Он занял одно из важных мест в индустрии развлечений, выделился в самостоятельное направление, в котором личность получает возможность для отдыха, расслабления, восстановления сил, получения острых эмоций и ощущений, находящихся на пределе физических сил человека, граничащих с риском для собственной жизни и здоровья.

Данный проект представляет собой организацию центра экстремальных видов спорта: комплекса экстремальных аттракционов и площадок, доступных в первую очередь для подростков и молодежи «группы риска», и для всех заинтересованных в получении новых впечатлений лиц.

Надеемся, что реализация проекта позволит достичь всеобщей осведомленности, зародить заинтересованность молодежи, способствовать развитию экстремальных видов спорта, что в свою очередь будет благотворно влиять на формирование в подростковой среде интереса к здоровому образу жизни и приведет к снижению социальной напряженности в ней. Идея проекта привлекательна для фирм, занимающихся поставками и реализацией спортивного снаряжения и экипировки, так как можно предположить повышение спроса в данном секторе рынка.

В ходе реализации проекта у молодых людей появится возможность заработка, в качестве тренеров-инструкторов, консультантов и т. п. Кроме того, организация подобного комплекса и производства оборудования будет способствовать повышению статуса и известности нашего города, а налоговые отчисления пополнят бюджет нашего города.

Библиографический список

1. Олег Иванов: «Как найти деньги для вашего бизнеса. Пошаговая инструкция по привлечению инвестиций». Электронный ресурс: <https://coollib.com/b/413501/read>
2. Эрик Рис «Бизнес с нуля: метод lean startup для быстрого тестирования идей и выбора бизнес-модели». Электронный ресурс:
3. Борисов Дмитрий «Бизнес как игра. Грабли российского бизнеса и неожиданные решения». Электронный ресурс: <http://www.rulit.me>

УДК 534.2:533

КОНДРАШКИН Д.М., ДОЛГОВ К.А., ДУРНОВ Д.В., ЗАМОТАЕВА Е.А.,
ЕРМОЛАЕВ А.В.

РАЗРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕЗЭХОВОЙ КАМЕРЫ В МЕДИЦИНЕ И ПРИБОРОСТРОЕНИИ

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

В Арзамасском политехническом институте на кафедре авиационных приборов и устройств проводятся работы по разработке и исследованиям заглушенных акустических камер (патент РФ № 2196206 на группу изобретений «Камера акустическая заглушенная звукомерная (варианты)»). В мире применяются заглушенные акустические камеры для лечения и исследования слуха, аттестации излучателей звука с диапазоном размеров объектов от миниатюрных приборов до авиалайнеров. Мы концентрируемся на объектах до человеческого масштаба.

Недостатками данных камер являются:

- нижняя частота 125 Гц
- толщина звукопоглощающего слоя 0.65 м

Поэтому мы приняли решение разработать и изготовить камеру с меньшим звукопоглощающим слоем и с нижней граничной частотой 80 Гц для исследования и лечения слуха. При изготовлении будут использоваться материалы, изготавливаемые в России. Габариты камеры должны согласовываться с врачами, лечащими больных с дефектами слуха.

Для создания такой безэховой среды требуются специализированные поглотители, настроенные на нижнюю границу измеряемого частотного диапазона, а также дополнительные элементы, обеспечивающие требуемые характеристики согласно ГОСТам и другим стандартам. При изготовлении решено было использовать материалы, изготавливаемые в России, что позволит уменьшить себестоимость.

Предполагается использование технологии «Воронежского государственного архитектурно-строительного университета» (патент № 2593401).



Рис. 1. Схематичное изображение заглушенной камеры

Библиографический список

1. Патент № 2196206 «Камера акустическая заглушенная звукомерная (варианты)».
2. Патент № 2593401 «Звукопоглощающая панель».

УДК 629.7.02

КОРЧАГИН К.С., КАРАСЕВА Т.В.

СОЗДАНИЕ КВАДРОКОПТЕРА НА ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЕ

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

Сегодня особый интерес в авиации представляют беспилотные летательные аппарат (БПЛА). Они различаются по принципу полёта и бывают самолётного и вертолётного типов. Самолётная схема построения является неэффективной в некоторых случаях: для них нужны специальные средства для запуска, они не могут зависать в воздухе и обладают недостаточной маневренностью, поэтому наибольший интерес представляют БПЛА вертолётного типа. Если структура имеет большое количество винтов, то значительно увеличивается стоимость конструкции, а при малом - усложняется процесс управления. Поэтому универсальным и самым распространенным на данный момент времени дроном является квадрокоптер. Это БПЛА, построенный по вертолётной схеме, с 4 несущими винтами.

Квадрокоптер состоит из механических, электрических и электронных модулей: роторы; блок питания (Li-ро аккумулятор); распределитель мощности; навигационный блок: датчики первичной информации: акселерометры и гироскопы (необходимые), барометр и магнитометр (дополнительные); микроконтроллер. Вся элементная база квадрокоптера устанавливается на несущую раму.

На данный момент рынок предлагает модели квадрокоптеров, элементная база которых является импортозависимой, что не позволяет по определённому ряду причин использовать их по специальному назначению (МЧС, МВД, МО).

Анализ отечественного рынка показал, что часть элементных конструкций можно использовать для построения отечественного квадрокоптера. И данные решения являются конкурентно способными. Например, можно использовать присутствующие на рынке аккумуля-

торы от ООО «ЛП Системс» (г. Казань), роторы компании ООО «Электропривод» (г. Кострома), микроконтроллеры со встроенным АЦП ЗАО «ПКК МИЛАНДР» (г. Москва). Схемные решения блока управления можно реализовать на базе АО «ЭЛАРА» (г. Чебоксары). Однако на рынке отсутствуют предложения большинства датчиков первичной информации: гироскопов и акселерометров, отвечающих требованиям точности и стабильности. В [1] предложены решения для реализации датчиков, но требуется технологическая линейка для их производства. В Нижегородской области имеется ряд приборостроительных предприятий, такие как АО «АПЗ» (г. Арзамас) и ПАО АНПП «ТЕМП-АВИА» (г. Арзамас), специализация которых определяется производством аналогичных систем. Используя их опыт и производственные возможности, можно организовать производство рамы, сборку квадрокоптера, программирование системы управления и испытания. Данная кооперация позволит создать квадрокоптер на отечественной элементной базе.

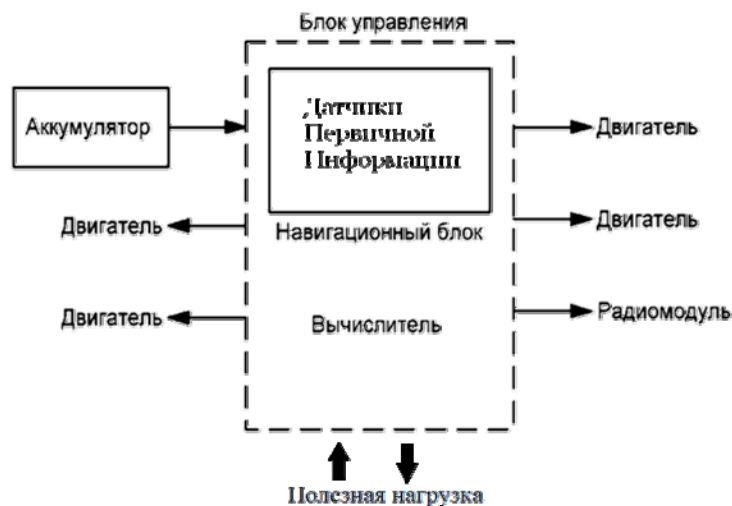


Рис. 1. Схема квадрокоптера

1. Карасева, Е.А. Разработка отечественной навигационной базы для квадрокоптера / Е.А. Карасева, Т.Г. Рытова, Т.В. Карасева // Приволжский научный вестник. – 2016. – №4. – С. 34–40.

УДК 681.3

МАКАРОВ А.С.

ТЕХНОЛОГИЯ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ В ОФТАЛЬМОЛОГИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Информационные технологии в современном мире непрерывно развиваются. При появлении новой технологии обнаруживаются многие способы её применения. Технология виртуальной реальности (VR) не стала исключением.

Технологии виртуальной реальности может быть использована в медицине, в частности в офтальмологии.

Существует два основных технических решения для технологии виртуальной реальности [1]. Первое решение: очки виртуальной реальности. Данная конструкция состоит из смартфона с поддержкой VR технологии и VR очков, которая представляет корпус с встроенной оптикой с диоптриями. Вместе эта конструкция представляет устройство для погружения в виртуальную реальность. Второе решение: шлем виртуальной реальности. Такое устройство состоит из корпуса, фокусных линз, встроенного дисплея и наушников. Данное устройство подключается к персональному компьютеру, на котором происходят формирование необходимых графических образов, транслируемых на встроенный дисплей.

Технология VR имеет преимущества:

- Угол обзорности. Чтобы рассмотреть виртуальную среду, человеку в шлеме виртуальной реальности не надо пользоваться какими либо устройствами, он просто поворачивает голову. Поворот головы является более естественным, в следствии более удобным способом взаимодействия с окружающей виртуальной средой.

- Глубокое погружение в виртуальное пространство. За счёт того, что в область зрения человека не попадает сторонних предметов реального пространства, человек более сфокусирован на виртуальной среде.

- Быстрое погружение в виртуальную среду. Из-за того, что размерность дисплея в VR шлеме совпадает с углом обзора глаза, человеческий мозг быстрее начинает воспринимать виртуальную среду, как реальную.

- Портативность и компактность. Очки виртуальной реальности легко транспортировать за счёт компактности устройства.

Медицинской задачей является обеспечение корректировки зрения при помощи медицинского оборудования. Болезни амблиопия и косоглазие в большинстве случаев поддаётся лечению при условии своевременного обращения к специалистам. Пациентов с амблиопией лучше лечить в детском возрасте до 12-летнего возраста. Родители должны быть осведомлены, что их детям необходимо исследование остроты зрения до начала учёбы.

В настоящее время широкое применение находит технология лечения, основанная на эффекте нейропластичности. Нейропластичность – способность мозга менять свою архитектуру нейронов под действием внешних воздействий. В этом случае применяют компьютерные программы, демонстрирующие пациенту специальные образы.

Воздействие на глаз возможно создать с использованием принципа «виртуальной линзы», реализуемого при помощи технологий VR. Предлагаемая система, построенная на основе одного из устройств VR, способна лечить амблиопию и косоглазие с помощью технологии VR за счёт «виртуальной линзы», созданной в виртуальной среде.

Техническим решением является, аппаратно–программный комплекс, позволяющий проводить лечение амблиопии и косоглазия с помощью «виртуальной линзы».

Предлагаемая система способна лечить амблиопию и косоглазие с помощью технологии виртуальной реальности за счёт «виртуальной линзы», созданной в виртуальной среде очков VR.

Технической задачей является, создание эффективного лечения амблиопии у больных.

Техническое решение – аппаратно–программный комплекс позволяющий проводить лечение амблиопии с помощью «виртуальной линзы».

Компонентом обеспечивающее лечение является, созданная в вычислительной среде компьютера специально запрограммированная специалистом «виртуальная линза».

При реализации функциональных возможностей системы используется язык программирования C#. Его применение обосновывается значительными сравнительными преимуществами в плане создания программ, а также возможностью поддержки последних современных стандартов программирования.

В качестве среды для разработки 3D проекта выбран Unity, продукт компании Unity Technologies [4], потому что он имеет ряд преимуществ перед другими средствами разработки. Для 3D моделирования выбран программный продукт 3Ds Max, разработанный компанией Autodesk. Для использования системы для мобильных устройств под платформой Android, применяется SDK google android studio, в качестве плагина для виртуальной реальности Google CardBourd.

Использование плагина Google Cardboard обуславливается тем, что он поддерживает большее количество версий Android.

Таким образом, проведен анализ существующих методов лечения амблиопии и косоглазия, возможностей перевода их в «виртуальную среду» имеющихся в распоряжении устройств VR, а также исследования методов и способов реализации программного обеспечения, позволяющего лечить данное заболевание.

Библиографический список

1. Виды виртуальной реальности. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://tproger.ru/translations/vr-explained/>, свободный. – Загл. с экрана.
2. **Передерий, В.А.** Глазные болезни. Полный справочник / В.А. Передерий. – М.: Эксмо, 2008. – 704 с.
3. Комплекс функционального биоуправления по электрофизиологическим параметрам и микрополяризации зон головного и спинного мозга «РЕАМЕД» с биологической обратной связью. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://simtmed.ru/files/reamed-all.pdf>, свободный. – Загл. с экрана.
4. Информация о среде разработки Unity3d. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.unrealengine.com/en-US/what-is-unreal-engine-4>, свободный. – Загл. с экрана.

УДК 542.06

МАКАРОВ Д.А., ВОРОТЫНЦЕВ А.В., ПЕТУХОВ А.Н.

РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ БЕСХЛОРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ МОНОСИЛАНА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Основным способом получения поликристаллического кремния, который используется для создания вычислительных чипов, является Сименс-процесс. Он имеет несколько недостатков, в том числе: высокую энергоёмкость, высокий класс опасности, необходимость больших капитальных вложений для создания производства, трудности в получении кремния высокой степени чистоты [1]. Альтернативой данному методу получения кремния является синтез силана и дальнейшее его температурное разложение для получения кремния, пригодного для использования в электронной промышленности [2]. Перспективным способом получения силана является каталитическое диспропорционирование триэтоксисилана.

С экологической точки зрения Сименс-процесс является потенциально опасным производством. Для получения кремния в Сименс-процессе используются высокотоксичные, легколетучие и коррозионные вещества (трихлорсилан, соляная кислота). В сочетании с высокими температурами (до 1200 °С) и использованием в производстве водорода производство кремния по Сименс-процессу является потенциально высоко опасным. Также соляная кислота требует транспортировки к месту производства, что является ещё одним фактором потенциальной экологической опасности. Триэтоксисилан и тетраэтоксисилан (побочный продукт диспропорционирования триэтоксисилана) являются намного менее коррозионными и токсичными веществами с достаточно высокими температурами кипения. Необходимые температуры (до 400 °С) намного ниже, чем для Сименс-процесса, что позволяет затрачивать намного меньше энергии на производстве. Необходимость использовать другие опасные вещества в производстве отсутствует.

С экономической точки зрения, Сименс-процесс требует больших капитальных затрат из-за требований к стойкости оборудования к коррозии и высоким температурам, а также больших затрат на энергию. Создание небольших производств в случае Сименс-процесса нерентабельно. При использовании диспропорционирования триэтоксисилана оборудование может быть сделано из обычных материалов из-за отсутствия необходимости работы в условиях очень высоко коррозионных веществ и больших температур и давлений. Синтез можно проводить в жидкой фазе, что значительно упрощает технологическую цепочку (нет необходимости в ректификации) и снижает потенциальную опасность. Всё это позволяет создавать небольшие производства.

Нами были синтезированы катализаторы диспропорционирования триэтоксисилана на основе ионно-обменных смол, проявляющие высокую активность. Дальнейшие исследования будут нацелены на оптимизацию полученных катализаторов, а также разработку путей превращения побочного продукта (тетраэтоксисилана) в силан или товарный реактив.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-33-00914

Библиографический список

1. **Braga, A.F.B** New processes for the production of solar-grade polycrystalline silicon: A review [Текст] / A.F.B. Braga et. al. // Solar Energy Materials and Solar Cells. – 2007. – №. 92 (4). – С. 418-424.
2. Low cost solar array project. Feasibility of the Silane Process for Producing Semiconductor-Grade Silicon [Текст]: отчёт / New York: Union Carbide Corporation, 1979. – 364 с.

УДК 542.06

МАРКОВ А.Н., КУЛИКОВ А.Д., ВОРОТЫНЦЕВ А.В.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОЧИСТЫХ МОНОДИСПЕРСНЫХ НАНОЧАСТИЦ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время, в связи с развитием нанотехнологий, а также микро- и наноэлектроники в частности, с каждым годом возрастает потребность в высокочистых наночастицах различного состава и размера, а, следовательно, существует очевидная потребность снижения их себестоимости и уменьшения затрат на их производство. Кроме того, развитие различных областей науки и техники приводит к увеличению спроса и ведет к увеличению мощностей производства, что ухудшает экологическую ситуацию при использовании традиционных реагентов для получения наночастиц: этиленгликоля, этанола и других органических растворителей. Таким образом, крайне важно внедрять и развивать относительно новые методы получения, которые могли бы элиминировать существующие проблемы. Для решения поставленных задач в проекте предполагается всестороннее изучение метода индукционной потоковой левитации для получения наночастиц, где базисным видом сырья, являются проводящие или магнитные материалы.

Индукционная потоковая левитация является весьма перспективным методом для получения микро- и наноразмерных частиц, который ещё только развивается, но реальные перспективы его применения уже видны как для научной сферы, так и для промышленности. Основные преимущества индукционной потоковой левитации (ИПЛ) заключаются в бесконтактном нагреве в большом диапазоне давлений и температур, с возможностью проведения синтеза в различных газовых средах с различной теплопроводностью. Низкая рабочая температура самой среды позволяет создавать большие температурные градиенты в области формирования наноразмерных частиц и аэрозолей. Это также способствует как закаливанию сильнонеравновесных структур, так и их замораживанию, при охлаждении в потоке инертного газа-хладагента при высокой скорости. Оборудование для создания индукционной потоковой левитации относительно недорогое, габаритные размеры его малы, а конструкция удобна, что позволяет легко автоматизировать и адаптировать его к требуемым техническим условиям. Этот факт свидетельствует о быстрой возможности внедрения такой технологии в промышленности. Сам же метод ИПЛ является экологически чистым, и отвечает основным 12 принципам «Зеленой химии».

Таким образом, предлагаемый проект является актуальным как с фундаментальной, так и с прикладной точки зрения, а комплексное решение поставленных задач позволит, в будущем, внедрить данную технологию в промышленное производство, как наиболее экономичный и экологичный метод получения наночастиц.

Для определения частотных характеристик был проведен расчет зависимости размера частиц от частоты, в ходе которого выявлена потенциальная возможность левитации частиц при частоте 3 МГц. В рамках работы выполнено проектирование и монтаж оборудования, а также проведена апробация экспериментальной установки для получения наночастиц алюминия. Были установлены основные характеристики процесса, эмпирическим путем подобрана оптимальная геометрия индуктора, при которой происходит выход на режим левитации.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ (грант № 17-73-20275) и РФФИ (грант № 18-33-00914).

РАЗРАБОТКА ПЛАНА ДОБРОВОЛЬНОЙ СЕРТИФИКАЦИИ ПРАВКИ ЛЕГКОСПЛАВНЫХ ДИСКОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ КОЛЕС И ЕЕ РЕАЛИЗАЦИЯ

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

В рамках проводимого нами исследования о необходимости сертификации услуги ремонта легкосплавных дисков автомобильных колес (дисков) отмечается отсутствие в ГОСТах, ТУ и в технических регламентах описаний технологий правки таких дисков. Данная проблема уже была нами представлена в прошлом году на подобной конференции [1]. В статье [2] показано, что отсутствие единой технологии ремонта и требований (критериев оценки) к отремонтированному диску. Обоснована необходимость исследования прочности диска после проведенного ремонта, который может проводиться как с нагревом диска, так и без нагрева, а может происходить и с применением аргонно-дуговой сварки.

Единственным приемлемым способом выборочной проверки прочности дисков после проведения ремонта является способ по методике, которая, например, применяется в МАДИ при выборочном контроле дисков на соответствие их ГОСТ Р 50511-93 (<https://www.youtube.com/watch?v=KANI945bmVI>). Например, в результате испытания в соответствии с ГОСТ Р50511-93 – п.4.6. «определение сопротивления колеса удару под углом 30°» - диск колеса, исправленный с использованием нагрева, прогнулся относительно нового на 8 мм больше (рис. 1).



Рис. 1. Максимальные остаточные пластические деформации диска (нового и отремонтированного) при испытаниях по п.4.6 ГОСТ Р 50511-93

В соответствии с п. 4.6.5 ГОСТ Р 50511-93 деформация колеса на ободе диска в зоне удара не является дефектом, так как не соответствует трем критериям по видам дефектов: видимые трещины; отделение диска от обода; полное падение внутреннего давления воздуха в бескамерной шине в течение одной минуты.

Выводы: В рамках проводимых работ по сертификации правки дисков, необходимо разработать методику испытаний дисков на прочность с использованием разрушающих методов для выборочного контроля и контроля целостности каждого исправленного диска с использованием бесконтактных приборов. Проводимая сертификация услуг по правке дисков позволит повысить качество правки дисков за счет повышения ответственности исполнителей.

Библиографический список

1. Барышев, Н. А. Исследование в области сертификации технологий по правке дисков автомобильных колес / Н. А. Барышев, А. В. Платонов, Д. В. Пронин, И. А. Платонов // Будущее технической науки: сборник материалов XVI Международной молодежной научно-техн. конф.; НГТУ им. Р. Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2017. – С. 174–175.

2. **Пронин, Д.В.** Выработка концепции сертификации ремонта легкосплавных дисков автомобильных колес / Д.В. Пронин, А.В. Платонов, И.А. Платонов // Международный технико-экономический журнал. – 2017. – №5. – С 73–77.

УДК 629.33

ПАРАМОНОВА А.Н., ПЛАТОНОВ А.В., ПЛАТОНОВ И.А., МАРЕСЕВ В.О.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ИСПЫТАНИЕ И ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА МОДЕРНИЗИРОВАННЫХ ИНСТРУМЕНТА И ОСНАСТКИ ДЛЯ ПРАВКИ ЛЕГКОСПЛАВНЫХ ДИСКОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ КОЛЕС

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

В комплект поставки наиболее распространенного в РФ станда для правки легкосплавных дисков автомобильных колес «Фаворит» [1] входит оснастка (рис. 1): комплект центрирующих шайб – 12 шт., рихтующие насадки – 5 шт., сменные штоки – 6 шт., болты для закрепления колесного диска – 5 длинных, 5 коротких, гайки 5 шт.



Рис. 1. Комплект оснастки станда для правки дисков «Фаворит»

Похожим на данный набор комплектуют свои станды и другие производители инструментов (их, по имеющейся информации более десяти). Набор инструментов, которыми комплектуются станды, является неполным и малоэффективным по следующим причинам: комплект установочных колец должен быть 38 типоразмеров (диапазон посадочных отверстий дисков от 52 до 130 мм); имеющимся набором рихтующих насадок невозможно устранить все многообразие повреждений колесных дисков, их, как у нашего станда, должно быть около тридцати, а не пять. Также не достаточно количество сменных штоков, их должно быть, из-за достаточно большого колебания радиусов выправляемых дисков (10-22 дюйма), не менее двадцати.

Принятое нами решение по сертификации услуг по правке дисков требует документального оформления технологий правки дисков, сертификации оборудования, идентификации каждого инструмента и наличия чертежей на них.

Выводы: В целях упорядочения работ по правке дисков следует в соответствии с существующими стандартами выполнить технологическую подготовку выполняемых работ по правке дисков. Для этого оформить и опубликовать исследования по назначению параметров оснастки и оформить ее чертежами. На базе имеющегося малого предприятия наладить изготовление оснастки для стандов и ее реализации владельцам стандов для правки. Намечаемый

объем работ позволит оказать содействие участкам по правке дисков в дооснащении их оборудования недостающим инструментом, повышения качества правки и расширения ассортимента исправляемых дисков.

-
1. Паспорт станка «Фаворит» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nn.avt-avto.ru/images/products/1930/brochure/favorit.pdf>

УДК 621.386.12; 539.16.04

РЯБОВ Д. А., ХЛЫБОВ А.А.

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОЦЕНКИ ОХРУПЧИВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Титан и его сплавы относятся к числу важнейших конструкционных материалов, широко применяемых в авиакосмической, химической, судостроительной, атомной, водородной энергетике и других наукоемких отраслях промышленности. Водород при взаимодействии с титановыми сплавами может изменять их свойства, как в положительную, так и в отрицательную стороны [1]. Негативное действие водорода чаще всего проявляется в виде водородной хрупкости, характеризующейся резким снижением механических свойств титановых сплавов при содержании водорода больше критического. Уменьшение способности титана к деформации обусловлено образованием достаточно хрупких гидридов на основных плоскостях скольжения и дублирования вследствие малой растворимости водорода в α -фазе при комнатной температуре [2]. В наибольшей степени подвержены охрупчиванию псевдо- α -сплавы, которые широко используются в теплообменном оборудовании ядерных энергетических установок.

Развитие атомной энергетики, ракето- и самолетостроения требует создания устройств и методик, позволяющих контролировать содержание водорода в изделиях из легких сплавов на основе титана для контроля наводороженного состояния и прогнозирования остаточного ресурса дорогостоящих узлов. Поиск и разработка методов неразрушающего контроля для исследования конструкционных материалов, склонных к водородному охрупчиванию, является одной из важнейших задач для ядерной энергетики. Разработка и освоение этих методов позволит отслеживать техническое состояние конструкций и оборудования, контактирующих с водородсодержащими средами, контролировать их соответствие механическим и прочностным параметрам и прогнозировать время их отказа и разрушения.

Цель настоящей работы – разработка методики оперативной акустической оценки поврежденного состояний теплообменных титановых труб с применением современного акустического измерительно-вычислительного комплекса.

В качестве физической основы предложенного метода контроля выступает зависимость параметров распространения акустических волн в материале от его физико-механических свойств, в частности от степени наводороженности металла. Перспектива применения рэлеевских волн для контроля теплообменных труб толщиной до 5 мм обусловлено следующими особенностями таких волн:

- 1) возможностью «вывести» акустический сигнал из любой точки поверхности образца, по которому распространяется волна.

- 2) относительно большой концентрацией энергии в волне вследствие малости слоя локализации волны.

Применение поверхностной акустической волны (волны Рэлея) позволяет быстро и с высокой точностью оценить поврежденное состояние поверхностных слоев изделия (рис. 1) [3]. Не менее перспективным остается применение такого типа волн для контроля величин остаточных напряжений в особо ответственных узлах [4].

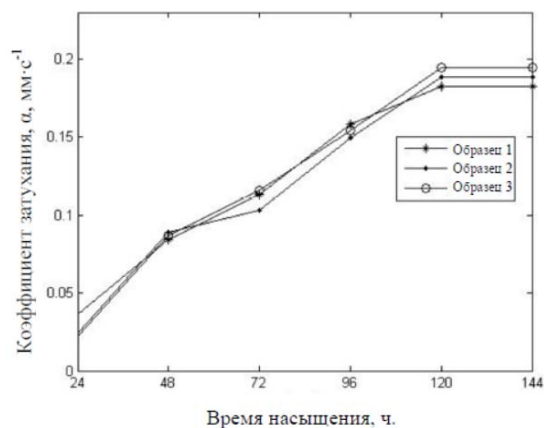
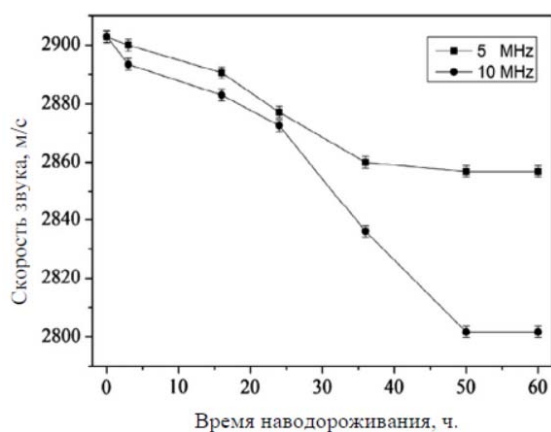


Рис. 1. Влияние времени наводороживания образцов на параметры акустических волн:
a – на скорость волны; *б* – на коэффициент затухания

Библиографический список

1. **Колачев, Б.А.** Водородная хрупкость металлов / Б.А. Колачев. – М.: Металлургия, 1985. – 216 с.
2. **Ливанов, В. А.** Водород в титане / В.А. Ливанов, А.А. Буханова, Б. А. Колачев. – М.: Металлургия, 1962. – 246 с.
3. **Гаранин, Г.В.** Метод ультразвукового определения водорода в материалах и изделиях на основе титана / А.М. Лидер, В.В. Ларионов, Г.В. Гаранин, М.Х. Кренинг // Журнал технической физики. – 2013. – Т. 83. – Вып. 9. – С. 157–158.
4. D. A. Ryabov and A. A. Khlybov, (2017), “Determination of Residual Stresses in the Products with Floating” in 15th International School-Conference “New materials – Materials of innovative energy: development, characterization methods and application”, KnE Materials Science, pages 209–220.

УДК 542.06

СЕРГЕЕВА М.С., ПЕТУХОВ А.Н., МАЛЫШЕВ В.М., ВОРОТЫНЦЕВ В.М.

РАЗРАБОТКА ГИБРИДНОГО ГАЗОГИДРАТНО-МЕМБРАННОГО МЕТОДА ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ КСЕНОНА ИЗ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Содержание ксенона в атмосфере Земли составляет $8,70 \cdot 10^{-6}$ об.% [1], а в природном газе содержание ксенона составляет 0,15 об.% [2]. В настоящее время производство ксенона из воздуха методом низкотемпературной ректификации является энергозатратным и нецелесообразным в связи с тем, что металлургические предприятия переходят с кислородного на воздушное дутье при производстве металлов. На данный момент из литературных источников следует, что другие методы промышленного производства ксенона отсутствуют. Следовательно, разработка метода извлечения ксенона из природного газа является приоритетным направлением.

Эффективность разделения газовых смесей газогидратно-мембранным методом обусловлена различием в давлениях диссоциации и проницаемостях компонентов разделяемой газовой смеси. Основным компонентом природного газа является метан, давление диссоциации которого намного больше давления диссоциации выделяемого газа – ксенона, а проницаемости газов с низким давлением диссоциации (ксенон и сероводород) в газовом гидрате отличаются на два порядка. Поэтому метод газогидратной кристаллизации может быть использован для эффективного выделения ксенона из природного газа.

Оптимизация условий гидратообразования была проведена методом математического моделирования. В качестве модельных газовых смесей были выбраны газовые смеси, приближенные к составу природного газа: $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{S} + \text{Xe}$, $\text{CH}_4 + \text{CO}_2 + \text{Xe}$, $\text{CH}_4 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{S} + \text{Xe}$. По-

лучено, что коэффициент распределения ксенона существенно зависит от состава газовой смеси и слабо зависит от изменения концентрации извлекаемого газа. Для эффективного выделения ксенона состав газовой смеси не должен содержать примесей с близким к ксенону давлением диссоциации. Удаление таких примесей также возможно с помощью газогидратно-мембранного метода.

На экспериментальной установке газогидратной кристаллизации проведен эксперимент по разделению газовых смесей, проведено сравнение с теоретическими результатами расчета газогидратного разделения, а также подобраны условия для эффективного выделения ксенона из природного газа.

Преимущества метода газогидратной кристаллизации: экологическая безопасность, так как основным компонентом является вода; простота экспериментальной установки; процесс газогидратной кристаллизации возможен при температурах выше 0 °С; высокая эффективность газового разделения из-за значительного различия в давлениях диссоциации газов; высокая вместимость газов из-за клатратной структуры газовых гидратов. Таким образом, использование гибридного газогидратно-мембранного метода позволяет создать энергоэффективное промышленное производство ксенона.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ (грант № 17-79-20286).

Библиографический список

1. **Godish, T.** Air quality / T. Godish, W.T. Davis, J.S. Fu. – CRC Press, 2014. – 542 p.
2. Пат. RU2466086C2 Российская Федерация. Способ получения ксенонового концентрата из природного горючего газа, продуктов его переработки, включая техногенные отходящие газы, и устройство для его реализации (варианты) / Сметанников В.П., Орлов А.Н., Малинин Н.Н., Семенова О.П. – заявл. 16.02.2010; опубл. 10.12.2011.

УДК 66.066.1

СУСЛОВ Р.П., СУХАНОВ Д.Е., БАЛАХНИН И.А.

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИЙ МУЛЬТИГИДРОЦИКЛОННЫХ АППАРАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

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

Гидроциклоны, вследствие своих эксплуатационных преимуществ (высокая пропускная способность, простота конструкции, надежность), нашли широкое применение в технологиях очистки оборотных и сточных вод от мелкодисперсных взвесей.

Несмотря на достаточно всестороннюю изученность процесса центробежного разделения суспензий в этих аппаратах, проблема совершенствования этого класса технологического оборудования до сих пор привлекает большое количество как отечественных исследователей, так и зарубежных исследователей.

Из наиболее перспективных направлений исследований гидроциклонов, на наш взгляд, можно выделить следующие:

- 1) применение метода конечных элементов для расчета полей скоростей, давлений и концентраций в аппарате для улучшения сходимости теоретических моделей с опытными данными [1];
- 2) совмещение в пределах одного аппарата нескольких процессов с целью более полного использования подводимой к аппарату энергии [2];
- 3) анализ и совершенствование конструкции оборудования с целью улучшения его эксплуатационных и технологических характеристик [3].

Если второе направление исследований ограничено лишь спецификой решаемых задач, то остальные от уровня развития технологии производства изделий общего назначения и

мощности вычислительных устройств, используемых на этапе математического моделирования и виртуализации результатов теоретических исследований.

На данном этапе технологического развития в промышленности все большее применение находят технологии аддитивного производства, позволяющие без удаления слоя материала создавать изделия практически любых форм. Поэтому становится возможным разработать типоразмерный ряд единичных и батарейных гидроциклонных аппаратов, отличающийся отсутствием разъемных соединений составляющих аппараты элементов. При этом конструкция будет представлять собой монолитный блок с входными и выходными патрубками для интегрирования в существующую систему технологических коммуникаций. Такой подход позволит не только минимизировать габариты оборудования, но и улучшить его технологичность в изготовлении, уменьшить гидравлическое сопротивление.

Таким образом, применение аддитивных технологий при разработке и изготовлении гидроциклонных аппаратов позволит не идти по пути подбора приближенного по своим характеристикам аппарата для конкретного технологического процесса, а создавать новое оборудование, максимально соответствующее рабочим условиям.

Библиографический список

1. Jonas Bergstrom, Hannes Vomhoff. Experimental hydrocyclone flow field studies Separation and Purification Technology 53 (2007) 8–20.
2. Xiaobing Li, Hongxiang Xu, Jiongtian Liu, Jian Zhang, Jing Li, Zhaolong Gui. Cyclonic state micro-bubble flotation column in oil-in-water emulsion separation. Separation and Purification.
3. **Суханов, Д.Е.** Исследование возможности применения гидроциклонов для центробежно-флотационного обогащения калийсодержащих руд // Инженерный вестник Дона. – 2013. – № 4. – С. 216.

УДК 54.057:615.033 :615.015.1

САВИНОВА М.В.

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ПОЛИМЕРНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ДОСТАВКИ ПРОТИВООПУХОЛЕВЫХ СУБСТАНЦИЙ

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

Согласно данным Всемирной организации здравоохранения, онкологические заболевания являются одной из ведущих причин смерти во всем мире, причем количество зарегистрированных случаев онкозаболеваний ежегодно возрастает. В настоящее время в качестве важнейшего метода лечения злокачественных опухолей применяется химиотерапия. Однако, широко используемые для лечения онкологических заболеваний цитостатические препараты (доксорубин, метотрексат и др.) обладают высокой токсичностью, низкой молекулярной массой, обуславливающей быстрое выведение из организма, плохой растворимостью в воде, значительно затрудняющей их распределение в кровотоке, и неизбирательным действием, вызывающим тяжелые осложнения и снижающим качество жизни пациентов. Вследствие указанных недостатков традиционные формы цитостатиков не обеспечивают максимальную эффективность действия, поскольку достигают зону опухоли в низкой концентрации, что вынуждает вводить дозы препаратов, на несколько порядков превышающие теоретически необходимые.

В связи с этим актуальной задачей на сегодняшний день является разработка новых эффективных способов и систем адресной доставки цитостатиков к пораженным органам с целью снижения их побочного действия. Одним из наиболее перспективных вариантов решения этой проблемы считается использование конъюгатов, в которых низкомолекулярные противоопухолевые субстанции ковалентно связаны с полимерными носителями, например, водорастворимыми, неиммуногенными и биосовместимыми сополимерами олигоэтиленгликольметакрилатов, которые повышают растворимость лекарственных средств в воде, а также обеспечивают их специфическое накопление и контролируемое высвобождение в опухолях.

В данной работе предлагается разработка новых сополимеров алкоксиолигоэтиленгликольметакрилатов и (мет)акриловой кислоты, которые могут образовывать конъюгаты с молекулами цитостатиков за счет реакции этерификации или амидирования с участием карбоксильных групп звеньев (мет)акриловой кислоты с гидроксильными или аминными группами лекарственных препаратов в присутствии диалкилкарбодимидов. Кроме того, за счет наличия оксиэтильных звеньев синтезируемые сополимеры будут иметь оптимальные молекулярно-массовые характеристики, позволяющие полимерным компонентам находиться в организме в течение требуемого времени. Дальнейший их вывод из организма будет осуществляться постепенно в результате снижения молекулярной массы за счет гидролитического отщепления биологически-активных фрагментов полимерных конъюгатов и биоразложения боковых олигоэтиленгликолевых цепочек макромолекул.

В ходе работы будет получен комплекс данных по поведению синтезированных полимерных конъюгатов в физиологических растворах, по биосовместимости и биоактивности конъюгатов в экспериментах *in vitro*, определены условия и динамика высвобождения ими цитостатических препаратов.

УДК 544.478

ЧУЖАЙКИН И.Д., ФЕДОСОВ А.Е., ФЕДОСОВА М.Е.,
КУДЮРОВА В.О., ОРЕХОВ С.В., ШИШКИН А.И., КОРАБЛЕВ И.А.

РАЗРАБОТКА ИЕРАРХИЧЕСКИХ ТИТАНСОДЕРЖАЩИХ ЦЕОЛИТНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ПРОЦЕССОВ СЕЛЕКТИВНОГО ОКИСЛЕНИЯ КРУПНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ МОЛЕКУЛ

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

Термин «иерархические цеолиты» обычно используется для обозначения цеолитных материалов, имеющих минимум два уровня размера пор. Это означает, что иерархические цеолиты содержат помимо типичных цеолитных микропор вторичную пористость. В большинстве случаев вторичная пористость представлена мезопорами размером от 2 до 50 нм. Согласно анализу литературных данных, иерархические цеолиты демонстрируют улучшенные каталитические свойства по сравнению с обычными, особенно в реакциях с участием крупных субстратов. Этот факт объясняется тем, что благодаря дополнительной системе мезопор снижается влияние стерических ограничений, возникающих при диффузии молекул к активным центрам катализатора.

Иерархические материалы представляют большой интерес для использования в качестве катализаторов в процессах селективного жидкофазного окисления пероксидом водорода. Разработка и внедрение микро-мезопористых титансодержащих силикалитов позволит заменить классический силикалит титана TS-1 применение которого сильно ограничено ввиду его микропористости и подходит лишь для субстратов с кинетическим размером до 6 Å (фенол, линейные алканы и олефины) [1].

Существует несколько подходов к синтезу иерархических структур. Самым распространённым методом создания мезопор в цеолитах материалов является пост-синтетическая обработка, заключающаяся в частичной деструкции структуры. Однако этот метод имеет недостатки в виде хаотичного образования пор с неконтролируемым размером и значительными потерями цеолита. Наиболее совершенным является метод прямого синтеза с использованием двух структурообразующих агентов (темплатов). Варьируя размеры и типы темплатов на стадии синтеза цеолита можно получать материалы с нужным размером и пор.

В ходе работы были проведены исследования закономерностей получения микро-мезопористых титансодержащих цеолитных материалов методом битемплатного синтеза с использованием различных структурообразующих веществ. В рамках исследования были получены образцы титансодержащих силикалитов с темплатами на основе тетраалкиламмониевых соединений с разной длиной алкильного заместителя.

Анализ полученных материалов был проведён с использованием комплекса физико-химических методов: рентгенофазовый анализ, электронная микроскопия, низкотемпературная адсорбция азота, инфракрасная спектроскопия.

Полученные иерархические титансодержащие цеолиты были испытаны в реакциях окисления органических молекул пероксидом водорода, и проведено сравнение с традиционным силикалитом титана TS-1.

1. **Notati, B.** Microporous crystalline titanium silicates/ B. Notati // *Advances in catalysis.* – 1996. – № 41. – С. 253–334.

УДК 629.113

ЯКИМОВ М.О., ФИЛАТОВ-БОБРОВ Д.А., ГОНЧАРОВ К.О.

ИССЛЕДОВАНИЯ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ Г. НИЖНЕГО НОВГОРОДА С ЦЕЛЬЮ АКТУАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА «УМНЫЙ СВЕТОФОР»

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Все больше городов сталкиваются с серьезной и опасной проблемой пробок и заторов на дорогах. С каждым годом происходит прирост транспортных средств. Согласно данным аналитического агентства «АВТОСТАТ», автопарк в России за последние 12 лет вырос на 57% с 27 млн до 42,4 млн единиц. Рост количества автомобилей осложняет транспортно-дорожную ситуацию, влечет за собой увеличение выхлопов отработавших газов в окружающую среду.

В рамках проекта «Умный светофор» с целью изучения ситуации с повышенным трафиком улично-дорожной сети были проведены исследования интенсивности дорожного движения на автомагистралях Нижнего Новгорода (рис. 1, 2). В течение февраля-марта 2018 года согласно требованиям ГОСТ 32965-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Методы учета интенсивности движения транспортного потока» был проведен сбор данных и обработка информации по интенсивности движения в г. Нижнем Новгороде на проспекте Гагарина на участке пересечений с ул. Ветеринарной, ул. Артельной, остановки «Ока».



Рис. 1. Сбор данных по интенсивности движения контролерами-учетчиками



Рис. 2. Исследуемый участок УДС на проспекте Гагарина

В результате работы определены пропускная способность дороги, приведенная интенсивность, коэффициент загрузки, отражающие реальную картину дорожно-транспортной ситуации. На основании данных исследования был проведен расчет интенсивности дорожного

движения N и коэффициент загрузки Z . Исследование показало, что коэффициент загрузки дороги превышает нормативные значения.

$$N = (N_{\text{вид тс}} * K_{\text{прив}})$$

Коэффициент загрузки Z вычисляется по формуле:

$$Z = \frac{N}{P}$$

где N - интенсивность дорожного движения (авт/ч); P - максимальная пропускная способность дороги (авт/ч). Максимально допустимая пропускная способность исследуемого участка составляет 3000 авт/ч.

Расчеты позволили оценить коэффициент загрузки дороги. Результаты превышают нормативные значения при допустимом показателе $Z \leq 0,7$ и составляет $Z_{\text{у}} = 0,87$ в утренний час пик.

Исследование показало, что исследуемый участок дороги требует модернизации в целях повышения пропускной способности и минимизации дорожных заторов. Результатом работы на данный период стала имитационная модель исследованного участка дороги в программном комплексе AnyLogic (рис. 3).

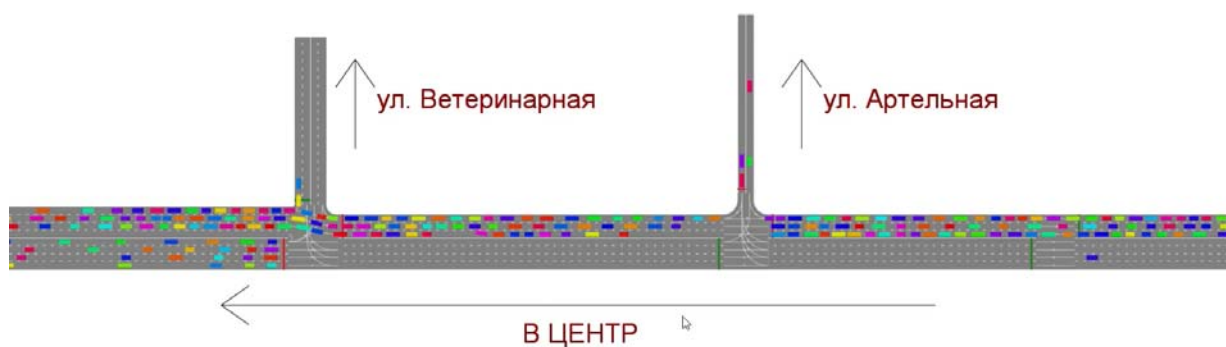


Рис. 3. Имитационная модель исследуемого участка УДС

Одним из путей повышения пропускной способности дороги является усовершенствование дорожной инфраструктуры в виде установки адаптивной к трафику системы управления транспортными потоками, отказ от наземных пешеходных переходов, четкое разделение островков безопасности и изменение разметки.

Целью проекта «Умный светофор» является создание системы, предназначенной для повышения пропускной способности перекрестков с помощью динамического управления сигналами светофора. Исходными данными в алгоритме являются - скорость движения ТС, количество ТС, время. Эти показатели формируют фазовые и общий коэффициенты, вследствие чего определяются промежуточные и основной такт (который в свою очередь учитывает условия: трамвай и пешеход) светофора на один цикл регулирования.

УДК 66.081.6-278

ЯНБИКОВ Н.Р., АТЛАСКИН А.А., ТРУБЯНОВ М.М.,
ВОРОТЫНЦЕВ И.В., ВОРОТЫНЦЕВ В.М.

РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ УДАЛЕНИЯ КИСЛЫХ ГАЗОВ В МЕМБРАННОМ АППАРАТЕ ТИПА «МЕМБРАННАЯ КОЛОННА»

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В связи с нарастающими энергетическими и экологическими проблемами, природный газ и биогаз выступает в качестве чистого альтернативного источника энергии и химического сырья и его потребление в мире стремительно увеличивается. Однако, существует необходимость очистки природного газа от примесей кислых газов, к которым относятся в основном, диоксид углерода и сероводород, которые оказывают коррозионное воздействие на

трубопроводы, приводят к образованию газовых гидратов и невозможности использования в топливных элементах и уменьшают срок службы оборудования

Традиционно, для удаления кислых газов применяется метод химической сорбции с использованием специальных химических соединений – аминов. Аминовая очистка — это достаточно эффективный метод имеющий, однако, ряд серьёзных недостатков, таких как: высокая коррозионная активность самих аминов, дополнительные затраты, связанные с улавливанием и регенерации сорбента, деструкция, попадание воды в газовый поток и образование химически активных побочных продуктов. Это приводит к увеличению производственных затрат и не согласуется с современными тенденциями «зеленой химии». Поэтому на сегодняшний день задача поиска и создания новых подходов к решению задачи удаления кислых газов актуален.

Метод разделения газов, основанный на применении мембранной технологии является перспективным технологическим решением, обладающим потенциалом к применению в задачах очистки природного газа. Как правило, для достижения высоких показателей чистоты конечного продукта применяются многоступенчатые мембранные аппараты, характеризующиеся повышенной энергоёмкостью и сложным аппаратным оформлением. При этом для реализации эффективного разделения газовой смеси, включающей в себя метан, диоксид углерода и сероводород, применяемая мембрана должна обладать высокой селективностью порядка 50. Материалов, обладающих такой селективностью в сочетании с высокой производительностью не много.

Альтернативным решением, предлагаемым для реализации в настоящем проекте, является использование однокомпрессорного мембранного каскада типа «непрерывная мембранная колонна». Такой аппарат концептуально повторяет традиционные дистилляционные колонны в их принципах разделения, где газовая смесь непрерывно разделяется, создавая два противоточных контура, один из которых постоянно обогащается легкопроницающим компонентом через высокопроницаемую мембрану. Процесс разделения газовой смеси протекает без фазовых переходов, не требует подведения или удаления тепла, а аппарат характеризуется простотой аппаратного оформления, обладает легко-масштабируемой конструкцией, а энергозатраты сводятся к потреблению электроэнергии вакуум-компрессором. Предварительная экспериментальная оценка эффективности разделения на примере удаления примеси CO_2 1%об. из смеси CH_4/CO_2 показала перспективность использования такого аппарата. Чистота конечного продукта составила 99.997%об. и 99.93%об. при степенях выделения продукта равной 15% и 80% соответственно.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований (РФФИ) в рамках проекта № 16-38 60174 мол_а_дк и Гранта Президента Российской Федерации (МК-2924.2017.8).

ТЕХНИКА В СОЦИАЛЬНОМ ПРОСТРАНСТВЕ СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ

УДК 316.346.32-053.6

РОГОВ С.А., СУХЕНКО Н.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТНОШЕНИЯ СТУДЕНЧЕСКОЙ МОЛОДЕЖИ К АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В НИЖНЕМ НОВГОРОДЕ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Российская молодежь – будущее нашего государства, основа модернизации науки и прогресса общества. Ее мировосприятие и мироощущение влияет на развитие и направленность отраслей промышленности и экономики в целом, экологическую обстановку в мире, воспитание и образование следующих поколений.

Нижегородская область является одним из ведущих округов по развитию атомной промышленности («ОКБМ Африкантов», АО ИК «АСЭ», ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», филиал РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИИС им. Ю.Е.Седакова», ИЦАЭ). Отношение нижегородской студенческой молодежи к атомной промышленности является актуальной темой для региона.

С целью исследования (путем анкетирования) отношения молодежи к вопросам развития российского атома, было опрошено 420 студентов, обучающихся на очном и заочном отделениях ведущих вузов Нижегородской области (НГТУ им. Р.Е.Алексеева, ННГУ им. Н.И. Лобачевского, НГЛУ им. Н.А. Добролюбова, НА МВД России, РАНХиГС, ННГАСУ, НИУ «ВШЭ»). Опрос был проведен в сентябре-ноябре 2017 года.

При проведении исследований было рассмотрено две большие социальные группы: студенты гуманитарного и технического направлений. Подробно проанализированы полученные результаты. «Гуманитарии» и «технари» по-разному воспринимают информацию и имеют отличное представление об устройстве современного мира. Это обусловлено знаниями, социальной обстановкой, окружением и другими факторами. При таком подходе можно говорить о понятии общественного мнения, а не мнения отдельно взятых социальных групп.

Статистика проведенных исследований показывает:

1) 49% студентов, обучающихся на гуманитарных специальностях, имеют представление об атомной промышленности; у студентов технических специальностей этот показатель достигает 80%;

2) только около 30% относятся позитивно к атомной промышленности, что является негативным показателем для региона;

3) 23% «гуманитариев» и 40% «технарей» поддерживают атомную энергетику, при этом 49% и 47%, соответственно, поддерживают нетрадиционные источники энергии (солнечные, ветряные и другие станции). Самый высокий показатель, характеризующий положительное отношение студентов к атомной энергетике имеет НГТУ им. Р.Е. Алексеева (58,89%);

4) около 20% всех опрошенных относятся позитивно к ядерному оружию;

5) большинство студенческой молодежи против постройки АЭС в Нижегородской области;

6) среди «гуманитариев»: 28% - получают информацию об атомной энергетике из новостных и научных программ, 27% - из Интернета, 19% - не получают информацию об атомной промышленности;

7) среди «технарей»: 32% - получают информацию из Интернета, 19% - из новостных и научных программ, 6% - не получают информацию об атомной промышленности.

По результатам исследования сделан вывод о том, что студенты, чьи будущие специальности и компетенции позволяют грамотно оценить значение развития атомной отрасли в современном мире, более объективно оценивают возможности и необходимость внедрения мирного атома.

Полученные результаты являются основой социально-направленного PR-маркетингового проекта «Популяризация атомной энергетике среди молодежи».

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

АКСЕНОВА В.А.	135,136	БУКАШОВА Е.С.	219
АБАИМОВ А.В.	282	БУРДАЕВ А.С.	322
АБАРБАНЕЛЬ Н.В.	235,237	БУХНИН А.В.	37
АБДУРАХМАНОВ М.Р.	182	БУШУЕВА М.Е.	55
АГАФОНОВ Н.А.	332	ВАГИЗОВ А.Г.	183
АЛЕКСАНДРОВ А.Е.	155	ВАДОВА Л.Ю.	61,298,301,311,313
АНАНЬЕВА Е.Ю.	275	ВАЛЯЕВ А.В.	48
АНДОСОВ А.Г.	156,157,158,169,170	ВАРГАНОВ И.С.	285
АНДРЕЕВ В.В.	214	ВАРСЕЕВ Д.Н.	161
АНДРЕЕВА О.В.	68,70,72,77,85	ВАСИЛЬЕВ В.Д.	268
АНИКИН А.А.	71	ВАСИЛЬЕВА Л.А.	49
АНОШКИН Ю.И.	208	ВАХИДОВ У.Ш.	134
АРИФУЛЛИН И.Р.	238,245,277	ВЕСЕЛОВ Л.Е.	96
АРХИПОВ А.Н.	144	ВИЛЕНСКИЙ О.Ю.	213,215
АТЛАСКИН А.А.	239,240,241,279,280,351	ВОЛГИНА И.А.	20
АФРИН М.М.	208,265	ВОЛКОВ Н.В.	284
АХМЕТШИНА А.И.	241,257	ВОРОБЬЕВ С.А.	220
БАБЕНКО С.С.	153	ВОРОБЬЕВ С.В.	155
БАГИРОВ М.Б.	68,69,70,72,77,85	ВОРОБЬЕВА Ю.В.	184
БАГРЕЦОВ И.В.	88	ВОРОНИН М.М.	102
БАЛАХНИН И.А.	347	ВОРОТЫНЦЕВ А.В.	256,341,342
БАРАНОВА А.А.	55	ВОРОТЫНЦЕВ В.М.	239,240,264,271,274,279,280,346,351
БАРАНОВА Л.В.	208	ВОРОТЫНЦЕВ И.В.	203, 239,240,241, 242, 243,254,257, 274,279,280,351
БАРАХТИН Д.О.	321	ГАВРИЛОВ Г.Н.	184,189,201
БАРИНОВ А.А.	252,272	ГАВРИЛЮК Е.А.	291
БАРЫШЕВА А.В.	241	ГАДЕТОВ В.А.	208
БАТРАКОВА М.А.	101	ГАЙНОВ С.И.	284,299
БАТТАЛОВ С.В.	242	ГАЛКИН В.В.	189
БАЧАЕВ А.А.	261	ГАЛКИН Р.В.	247
БЕДРЕТДИНОВ Р.Ш.	90	ГАРЦЕВ Д.С.	286
БЕЗНОСОВ А.В.	211	ГЕНЕРАЛОВ А.А.	184
БЕЗРУКОВ Н.А.	243	ГЕРАСИМОВ Е.А.	105
БЕЛОВ А.А.	131	ГЛУЩЕНКО В.М.	323
БЕЛОВ Д.Л.	132	ГОЛИКОВА В.В.	248
БЕЛОУСОВ А.С.	244,249,250,262	ГОЛОВИНСКАЯ А.А.	80
БЕЛЯЕВ К.Д.	321	ГОНЧАРОВ К.О.	135,136,350
БЕЛЯКОВ В.В.	120, 124,125,128	ГОНЧАРОВА Д.А.	130
БЕРДНИКОВ И.Е.	88,135,334	ГОРОХОВ Д.А.	185,186
БЖЕЛЬНИКОВ Е. В.	30	ГОРШЕНЕВА Т.А.	230
БОГОЛЕПОВА Е.С.	283	ГРАЧЕВ В.А.	228
БОКОВА Т.А.	208,211	ГРАЧЕВ Р.В.	21
БОЛЬШАКОВА Е.А.	245,246,267	ГРЕЧУХИНА К.С.	266
БОРИСОВ Г.В.	147	ГРИГОРЬЕВ И.В.	187
БОРИСОВ С.А.	284	ГРИНВАЛЬД И.И.	274
БОРОВИЛОВ А.О.	47	ГРУШЕВСКАЯ А.И.	274
БОТОВ Е.В.	11	ГУК П.С.	162
БРОННИКОВ С.В.	208,265	ГУРСКИЙ Н.В.	236
БРОНФЕЛЬД Г.Б.	56	ГУСЕВА И.Б.	315
БУЗИКОВ Ш.В.	159		

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

ГУСЬКОВ А.А.	284,292,297,300,308	ЗУБАКИН А.С.	162,163
ГУЩИН А.В.	238	ЗЫБИНА А.В.	104
ДАНИЛИН И.В.	22	ЗЫКОВА Г.А.	189
ДАНЬКИНА А.А.	70	ЗЫРИН Д.В.	93,94
ДЕВЯТКИНА Т.И.	276	ИВАНОВ А.В.	91
ДЕМАХИН В.П.	288	ИВАНОВ Г.Е.	190
ДЕМИДОВА А.С.	93,94	ИВАНОВ С.В.	112
ДЁМИНА Т.С.	287	ИВАНОВА Ю.А.	22
ДЕСЯТНИКОВ В.Е.	175,179	ИКОННИКОВ В.Н.	11
ДМИТРИЕВ Д.В.	57,71,76	ИЛЬИН В.Ю.	9
ДОБРОВ А.А.	209	ИЛЬИЧЕВ К.В.	289,290,291
ДОЛГОВ К.А.	337	ИОНОВА А.А.	263
ДОМАШЕНКО О.А.	103	КАЖАЕВА О.О.	191
ДОНЦОВА М.В.	317	КАЛИНИНА А.А.	236,247
ДОРОНКОВ Д.В.	209	КАЛИНИНА Н.А.	63
ДРОЗДОВ П.Н.	280	КАМЕРИЛОВА Е.А.	294
ДУБОВ М.С.	50,333	КАМОРИН Д.М.	252
ДУБОВИЦКИЙ А.В.	312	КАМЫШЕВА Т.А.	55
ДУБЧАК Д.А.	263	КАНАКОВ В.А.	11
ДУНАЕВ И.Е.	115	КАНАКОВ Е.А.	249,251,258,335
ДУНЦЕВ А.В.	214	КАНГИН М.В.	103,105,110
ДУРНОВ Д.В.	337	КАНЕВ О.К.	34
ДУРЫНИЧЕВ А.Н.	188	КАПУСТИН С.А.	14,219,221
ДЫДЕНКОВА А.С.	50	КАРАСЕВА Т.В.	296,338
ЕВСТРАТОВА А.В.	118	КАРДАПОЛЬЦЕВ И.С.	23
ЕГОРОВ Ю.С.	49,51,52,53	КАШИН А.М.	102
ЕГОШИН М.А.	233	КАШУРИН В.С.	253
ЕМЕЛЬЯНОВ А.А.	54	КВАСОВ А.С.	35
ЕРМОЛАЕВ А.В.	337	КЕРБЕНЕВА А.Ю.	53
ЕРМОЛАЕВ А.И.	86	КЕЧКИН А.О.	88,334
ЕРШОВ Д.А.	278	КИМ П.П.	263
ЕСИПОВИЧ А.Л.	244,249,251,258,266, 268,335	КИРОВ Д.И.	56
ЕФРЕМОВ М.Н.	33	КИСИЛЕНКО К.И.	221,224,225
ЕШИНА М.А.	269	КЛОЧКОВА П.М.	336
ЖИДКОВА А.К.	324	КОВЫЛОВ А.В.	36
ЖУКОВ С.С.	120	КОЖИН Д.Н.	223
ЖУРАВЛЁВ А.Д.	72	КОЗИНА О.Л.	248
ЗАВРАЖНОВ С.А.	244,250,262	КОЗЛОВ И.С.	159
ЗАГУМЕННОВА Д.В.	251,258	КОЛЬЧУГИН А.С.	230
ЗАЙЦЕВА А.С.	284	КОМОЛИН А.А.	217
ЗАМОТАЕВА Е.А.	337	КОНДРАШИНА К.А.	254,264,274
ЗАРУБИНА И.С.	252,253	КОНДРАШКИН Д.М.	337
ЗАХАРОВ Л.А.	156,157,158,162,169, 170	КОНДРАШКИН О.Б.	199
ЗАХАРОВ Н.А.	131	КОНОЗОБКО Р.В.	292
ЗЕЛЕНЦОВ В.В.	141,144	КОНОПЛЕВА М.А.	115
ЗЕНЬКОВИЧ А.В.	5	КОРАБЛЕВ И.А.	349
ЗИМИНА Е.В.	102,212	КОРЕЛИН О.Н.	73,74
ЗЛОБИН С.Ю.	250,262	КОРНЕВ Н.С.	11,99
ЗОЛОТОВ Д.А.	115	КОРОЛЕВА Е.В.	324

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

КОРОТАЕВ М.С.	252,253	ЛИТОВА Т.В.	263
КОРОТАЕВ Р.А.	208	ЛОБАНОВА Н.В.	336
КОРЧАГИН К.С.	338	ЛОБИН С.Г.	222
КОРЧАГИНА Е.О.	75	ЛОБОВИКОВ П.В.	318,319
КОРЧАЖКИН М.Г.	141,144	ЛОКТЕВ А.В.	161
КОРЧАЖКИНА Д.А.	336	ЛОМАЙКИН А.В.	78
КОРЮЧКИН Н.В.	192	ЛОСКУТОВ А.А.	91
КОРЯКОВА А.А.	272	ЛОСКУТОВ А.Б.	91,93,94
КОРЯЧИХИНА А.С.	57	ЛУКИНА Е.А.	48
КОСЫРЕВА Т.М.	230	ЛУЧНЕВА С.И.	276
КОЧИНА Д.С.	90	ЛЯПКИНА М.В.	297
КОШЕЛЕВ Ю.В.	130,132	МАГИН Д.Ю.	207
КОШКИН С.В.	295	МАКАРОВ А.С.	231,339
КРАЙНОВ А.А.	164,165	МАКАРОВ В.С.	120,124,125,127
КРЮКОВ Е.В.	91	МАКАРОВ Д.А.	256,341
КУВШИНОВА А.А.	210,216	МАКАРЧЕВ Н.А.	11
КУВШИНОВА Е. А.	81	МАКЕДОШИН А.С.	236
КУДРЯВЦЕВ А.В.	293	МАКОРОВ А.А.	105
КУДРЯШОВ Д.Г.	105	МАЛАХОВ В.А.	226,227
КУДЮРОВА В.О.	349	МАЛАХОВА И.В.	223
КУЗИНА О.В.	91,235	МАЛЫГИН А.Л.	118
КУЗМИН А.В.	193	МАЛЫШЕВ В.М.	271,346
КУЗНЕЦОВ Н.О.	321	МАЛЫШЕВ Г.С.	221
КУЗНЕЦОВА А.С.	255	МАЛЫЦЕВ А.К.	166
КУЗЬМИН А.Н.	134,139	МАЛЫЦЕВ И.М.	325
КУЗЬМИН Н.А.	130,132	МАНЦЕРОВ С.А.	289,290,291
КУЛАГИН А.Л.	135,136	МАРАСАНОВ Д.С.	298
КУЛЕВА Е.В.	292	МАРЕСЕВ В.О.	342,344
КУЛИГИНА Н.О.	30,38,58	МАРКОВ А.Н.	342
КУЛИКОВ А.Д.	342	МАРОВ А.Р.	211
КУЛИКОВ А.С.	296	МАРТЫНЮК М.В.	78
КУЛЫГИН А.А.	193	МАСЛЕННИКОВ А.Г.	57
КУРИЦЫН А.С.	87	МАСЛОВ И.Н.	83
КУРКИН А.А.	318,319	МАСЛОВ К.А.	190
КУРКИНА О.Е.	318,319	МАСЛОВА Н.С.	92
КУСТИКОВ А.Д.	137,139	МЕЛУЗОВ А. Г.	233,234
ЛАВРОВА А.М.	10	МЕШЕРГУЙ А.	241,257
ЛАЗАРЕВ Д.И.	200	МИНАЗОВ Р.М.	194
ЛАПТЕВ Н.А.	166	МИНЕЕВ К.В.	11, 99
ЛАПШИН Д.А.	213,215	МИНК А.В.	58
ЛАРИН М.А.	194,204	МИРОНОВ Н.А.	177
ЛЕБЕДИНСКИЙ П.А.	24	МИРОНОВА В.Ю.	249,251,258,335
ЛЕВАНОВ С.Л.	210,216	МИХАЛЕНКО М.Г.	274
ЛЕГЧАНОВ М.А.	209	МИХЕЕВ Е.К.	105
ЛЕМЕШЕВСКИЙ М.А.	76	МОЗОЛИН Н.Е.	156,158,170
ЛЕОНОВ А.Д.	77	МОИСЕЕВА Е.Г.	66
ЛЕУШИН И.О.	185	МОЛЕВ Ю.И.	134,149
ЛЕУШИНА Л.И.	191	МОРОКОВА М. Е.	299
ЛИПИН А.А.	121,151	МОТОВИЛОВА М.В.	167
		МОЧАЛОВ В.И.	9

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

МОЧАЛОВ Г.М.	241,255	ПОЛИКАРПОВА А.А.	63
МЫЛЬНИКОВ В.В.	178,198,199	ПОЛОЗОВ Е.Ю.	243
МЫРОВА Ю.А.	224	ПОЛЯНСКИЙ В.В.	304
МЫШИН О.В.	37	ПОТАПКИНА О.С.	302
МЯКИШЕВА М.С.	225	ПОТАПОВА А.М.	107
НАЗАРОВ А.В.	11,99	ПОТЕХИН М.В.	64
НАУМОВ В.И.	247	ПРОНИН Д.В.	343
НАУМОВ Н.Н.	300	ПРОНИНА О.А.	93,94
НЕЧАЕВ А.С.	226	ПУШКОВ Н.Д.	108
НИКАНДРОВ И.С.	115	ПЮРО Л.А.	321
НИКИТАЕВ А.С.	73	РАЖЕВА К.В.	200
НИКИТИН А.А.	227	РАЗУМКОВА Е.В.	237
НИКИФОРОВА М.П.	209	РАТМАНОВ В.А.	201
НИЩЁНКОВ А.В.	186	РЗАЕВ Ф.Ф.	217
НОВИКОВ Д.Д.	228	РОГОВ С.А.	8,208,212,265,354
НОВИКОВ Д.С.	13	РОГОЖИН А.Е.	266,268
НОВИКОВ К.Н.	106	РОГОЖИН В.В.	274,275,276
НОВИКОВ М.О.	12	РОМАНОВ А.Д.	122
НОВИКОВА Д.А.	233	РОМАНОВ И.Д.	109,111,122
НОВОЖИЛОВА О.О.	233,234	РОМАНОВА Е.А.	109,111
ОБУХОВ В.И.	295,307	РУБЦОВА Т.А.	51
ОВЧИНИН А.А.	61	РУВИНСКАЯ Е.А.	318,319
ОЖОГИН С.А.	259	РУЖЬЕВ А.С.	166
ОРЕХВО А.В.	197	РУЖЬЕВ С.Г.	17
ОРЕХВО В.А.	197	РУМЯНЦЕВ В.Л.	305
ОРЕХОВ Д.В.	259,260,269	РУМЯНЦЕВ М.С.	267
ОРЕХОВ С.В.	349	РУСИНОВ Н.С.	213
ОРЛОВ Д.А.	261	РЫБИН С.А.	321
ОСКИРКО А.А.	178,198,199	РЫБКИН П.А.	249,268
ОСМАНОВ Р.Р.	11,99	РЫЖУХИН В.В.	25
ОСОКИНА Л. А.	38	РЯБОВ Д.А.	202,345
ОТВАГИНА К.В.	203,243	РЯЗАНОВ А.В.	209
ОТОПКОВА К.В.	244,250,262,335	САВЕНКО А.Е.	95
ПАВЛОВ В.А.	303	САВЕНКО П.С.	95
ПАКШИНА Н.А.	65	САВИНОВА М.В.	238,268,348
ПАЛАЧЕВ М.А.	14	САДИКОВ А.Ю.	259,260,269
ПАНИН А.Н.	220	САДОВ А.С.	105
ПАНЬКИНА Т.А.	225	САЗАНОВ Н.Н.	307
ПАПУНИН А.В.	124,125,127,128	САЗАНОВА Т.С.	203,236
ПАРАМОНОВА А.Н.	344	САЛАХЕТДИНОВА А.Х.	234
ПЕРЕТРУТОВ А.А.	263	САМАРСКИЙ С.Н.	325
ПЕТУХИНА Е.А.	82	САМУЛКИН Ф.В.	308
ПЕТУХОВ А.Н.	239,240,256,264,271,2 74,279,341,346	САТАЕВ А.А.	214
ПИЛЬКЕВИЧ А.В.	15,16	САЧКОВ А.Д.	327
ПИМАНКИНА Е.С.	79	СЕВОСТЬЯНОВ А.А.	90,92
ПЛАТОНОВ А.В.	106,108,343,344	СЕДОВ А.А.	11
ПЛАТОНОВ И.А.	106,108,343,344	СЕКАЧЕВ Б.С.	80
ПЛЕСКОВА С.Н.	237	СЕКАЧКИН М.В.	76
ПЛЯГО А.В.	168	СЕМАШКО А.В.	46
ПОЛИКАРПОВ С. В.	301	СЕМЕНОВА А.Р.	52

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

СЕРГЕЕВА М.С.	264,271,346	ТЯПКОВ Е.В.	228
СЕРОВ С.С.	106	УВАРОВА В.Д.	266
СЕСИНА Н.А.	253,272	УШАКОВ П.А.	261
СИДОРОВ А.Ю.	175,179	ФАДЕЕВ Д.А.	311
СИДОРОВ В.В.	283	ФЕДОРОВА Е.А.	131
СИДОРОВА Е.В.	50,64	ФЕДОРОВА Т.О.	85
СИДЯГИН А.А.	332	ФЕДОРЧАТЕНКО В.И.	96
СИЛАНТЬЕВА А.Ю.	237	ФЕДОСОВ А.Е.	349
СИМАГИН А.С.	272	ФЕДОСОВА М.Е.	349
СКАЧКОВ А.А.	157,158,169,170	ФИЛАТОВ-БОБРОВ Д.А.	147,350
СКОБЕЛИН К.Н.	141,144	ФИЛЬЧАГИН В.Н.	27
СКУПОВ В.Д.	192,193	ФОМИНА К.С.	16,19
СЛЕТОВ А.А.	273	ФОМИЧЕВ А.С.	200
СЛУЗЛОВ А.П.	88	ФОМИЧЕВ Ю.С.	74
СЛУЗОВ А.П.	135,334	ФРОЛИКОВ А.С.	275
СЛЮДОВА Н.А.	65	ФРОЛОВА М.М.	314
СМОЛЬНИКОВ М.В.	171	ХЛЫБОВ А.А.	202,207,345
СМЫСЛОВА Д.С.	306	ХРАМОВ М.Ю.	197
СОКОЛОВА Т.Н.	236	ХРИСТОФОРОВ А.А.	44
СОКОЛОВА Э.С.	43	ХРУНКОВ С.Н.	164,165
СОСНИНА Е.Н.	96	ХРУЩЕВ А.Д.	260
СПИРИН И.А.	274	ХУДЯКОВ И.С.	210,216
СТАРОВЕРОВА О.Ю.	110	ЦВЕТКОВА И.Н.	45
СТЕПЫКИН А.В.	332	ЦВЕТОВ Д.Ю.	330
СТРИЖАК А.Д.	121,151	ЦЫБАНОВ И.П.	315
СТРИЖАК К.А.	121	ЧЕПЫЖОВ Д.С.	45
СУСЛОВ Р.П.	347	ЧЕРЕВАСТОВ М.Г.	149
СУХАНОВ Д.Е.	347	ЧЕРЕМИНА О.Е.	276
СУХЕНКО Н.В.	354	ЧЕРЕМИСИНОВ П.Н.	173
ТАЛАЛУШКИНА Л.В.	319	ЧЕРНЫШОВ Е.А.	111,122
ТАТАРСКИЙ А.М.	215	ЧИРКОВА А.Е.	97
ТИМОФЕЕВ Е.Р.	327	ЧУБЕНКО М.Н.	263
ТИМОФЕЕВА О.П.	81,82	ЧУВАТКИНА Е.А.	223
ТИТОВ Д.Ю.	87	ЧУЖАЙКИН И.Д.	349
ТИТОВ В.Г.	99	ЧУМАКОВ В.И.	247
ТКАЧЕВ В.И.	18	ЧУПРОВ Д.А.	53
ТОКАРЕВ Н.М.	302	ЧУРИЛОВА Н.Э.	83
ТОКАРЕВ С.В.	288	ШАБЛЫКИН Д.А.	264
ТОКМЯНИНА И.В.	26	ШАБЛЫКИН Д.Н.	254,274
ТОРГАШЕВ М.Д.	321	ШАГАЛОВА П.А.	84
ТРАХАНОВА А.А.	328	ШАЛУХО А.В.	97
ТРЕХОНИН И.В.	309	ШАМАНИН Д.Н.	312
ТРОФИМОВА И.Г.	322,328	ШАНДРО В. А.	28
ТРОФИМОВА М.С.	101,107	ШАШКОВА Е.О.	263
ТРОШИН А.В.	204	ШЕВАКОВ Д.А.	115
ТРОШКИНА Л.В.	297	ШЕВЕЛЁВА М.М.	85
ТРУБЯНОВ М.М.	241,242,254,264,274,2 80,351	ШЕСТОПЕРОВА Т.А.	203
ТРЯНИН В.Д.	38	ШИРШИН К.К.	246,277,278
ТУРЯЕВА И.А.	310	ШИРШКОВА М.А.	112
ТЮРИН А.И.	41,42,43		

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

ШИШКИН А.И.	349
ШМЕЛЕВ П.О.	108
ШНЕЙБЕРГ А.М.	112
ШУЛАЕВ С.Э.	229
ШУСТОВ С.И.	115
ЩЕЛЫКАНЦЕВ И.В.	46
ЩЕРБАКОВ В.В.	220
ЭРДИЛИ Н.И.	97
ЮРЛОВА Н.Н.	66
ЯКИМОВ М.О.	350
ЯНБИКОВ Н.Р.	239,240,279,280,351
ЯРОВАЯ Е.И.	183
ЯРОШ А.М.	106
ЯШИНА А.Н.	217

БУДУЩЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ НАУКИ

Сборник материалов XVII Международной молодежной научно-технической конференции

Редакторы: Н.Н. Максимова, О.В. Пугина
Технический редактор Т.П. Новикова
Компьютерный набор К.О. Гончаров

Подписано в печать 20.09.2018. Формат 60 x 84 ¹/₈.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л.
45,0. Тираж 50 экз. Заказ 185.

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.
Алексеева. Типография ООО РА «Апельсин».
Адрес полиграфического предприятия:
603024, Нижний Новгород, ул. Белинского, 122.