



НОВЫЕ КАДРЫ ОБОРОННО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА: ДИВЕРСИФИКАЦИЯ ОПК И РЕАЛИЗАЦИЯ НАЦИОНАЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ

Материалы XII Всероссийского совещания,
посвященного 100-летию М. Т. Калашникова
(Ижевск, 16–18 октября 2019 г.)



Минобрнауки России
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова»
Союз машиностроителей России

**«НОВЫЕ КАДРЫ
ОБОРОННО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА:
ДИВЕРСИФИКАЦИЯ ОПК И РЕАЛИЗАЦИЯ
НАЦИОНАЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ»**

Сборник материалов XII Всероссийского совещания,
посвященного 100-летию М. Т. Калашникова
(Ижевск, 16–18 октября 2019 г.)



Издательство ИзГТУ
имени М. Т. Калашникова
Ижевск, 2019

УДК 378.6(06)1

Н76

Р е д а к ц и о н н а я к о л л е г и я

А. Л. Кузнецов, проректор по научной работе и инновационной деятельности, доктор технических наук, профессор;

О. А. Дегтева, начальник управления научно-исследовательских работ;

А. П. Тюрин, заместитель начальника управления научно-исследовательских работ, доктор технических наук, профессор.

Новые кадры оборонно-промышленного комплекса: диверсификация ОПК и реализация национальных проектов [Электронный ресурс] : сб. материалов XII Всерос. совещания, посвященного 100-летию М. Т. Калашникова (Ижевск, 16–18 окт. 2019 г.). – Ижевск : Изд-во ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2019. – 103 с. : ил. – 2,6 Мб (PDF). – Системные требования: Acrobat Reader 5.0 и выше.

ISBN 978-5-7526-0857-5

Приведены материалы XII Всероссийского совещания «Новые кадры оборонно-промышленного комплекса: диверсификация ОПК и реализация национальных проектов». Проблемы, поднятые на совещании представителями федеральных и региональных органов власти, вузов и предприятий, требуют решения для организации эффективной подготовки и повышения квалификации специалистов, закрепления кадров на предприятиях оборонно-промышленного комплекса. В решении совещания руководителями вузов и промышленных предприятий сформулированы предложения органам власти федерального и регионального уровней, реализация которых будет способствовать решению проблемы кадрового обеспечения развития ОПК России.

Сборник состоит из двух разделов: первый раздел содержит избранные материалы докладов, прозвучавших на совещании, второй раздел – материалы, раскрывающие сущность инновационных проектов молодых ученых и специалистов предприятий и вуза в рамках выставки-сессии, прошедшей перед пленарным заседанием совещания с участием экспертной комиссии 16.10.2019, и традиционной выставки-сессии инновационных проектов молодых ученых ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, защита которых перед экспертной комиссией состоялась 13.11.2019 года.

УДК 378.6(06)1

ISBN 978-5-7526-0857-5

© ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2019

© Оформление. Издательство ИжГТУ

имени М. Т. Калашникова, 2019

Содержание

Раздел 1. НОВЫЕ КАДРЫ ОБОРОННО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА: ДИВЕРСИФИКАЦИЯ ОПК И РЕАЛИЗАЦИЯ НАЦИОНАЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ.....	5
<i>Кузнецов А. Л.</i> О задачах вуза по подготовке кадров в условиях диверсификации ОПК.....	5
<i>Иванов К. М., Бородавкин В. А., Кузьмин А. М.</i> Опыт БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова в развитии кадрового потенциала оборонно-промышленного комплекса.....	9
<i>Лаврищева Е. Е.</i> Частно-государственное партнерство при подготовке инженерно-технических кадров как необходимое условие инновационного развития предприятий ОПК.....	15
<i>Мищенко Р. А., Зимовнов О. В.</i> Взаимодействие вузов с предприятиями ОПК: достижения, проблемы, перспективы	20
Раздел 2. МАТЕРИАЛЫ ВЫСТАВКИ-СЕССИИ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ МОЛОДЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ И УЧЕНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И ИЖГТУ ИМЕНИ М. Т. КАЛАШНИКОВА.....	24
<i>Балтачев Н. С., Гуменюк А. Н., Шевченко Ф. Е., Полянских И. С.</i> Перспективные направления применения гипсокерамических изделий на основе отходов производства	24
<i>Ворожцова Н. А., Вологдин С. В.</i> Разработка интеллектуальной информационной мобильной системы учета электроэнергии	28
<i>Гуменюк А. Н., Полянских И. С., Гагаринова Д. С., Баженова И. С.</i> Моделирование влияния термопластичной серной добавки на сульфатостойкость цементного камня	36
<i>Гырдымова А. В., Кочурова А. В., Мерзлякова У. А.</i> Интеграционные связи применения бережливой логистики как проявление эффекта синергии.....	41
<i>Ефремов К. С., Ворожцова Н. А.</i> Применение оптимальных траекторий для управления колесным мобильным роботом при помощи искусственной нейронной сети	47
<i>Караваев Ю. Л., Шестаков В. А., Калинин А. А., Богатырев А. В.</i> Грузоподъемная высокоманевренная мобильная платформа с омниколесами	53
<i>Красноперов К. Ю., Ильязова Г. И., Кайсина И. А., Абилов А. В., Васильев Д. С.</i> Выбор стохастического процесса как модели трафика для передачи потоковых данных со множества источников.....	57

<i>Нагимуллина А. Г., Нагимуллина Г. Г., Данилова А. А.</i> Рекомендации по оснащению «умных остановок» автоматами по продаже проездных билетов	67
<i>Симченко О. Л., Чазов Е. Л., Кисляков М. А., Симаков Н. К.</i> Дополнительное дистанционное образование как инструмент повышения конкурентоспособности цифрового университета	72
<i>Суфиянов В. Г., Новиков А. В.</i> Распараллеливание градиентного алгоритма решения систем нелинейных уравнений с использованием библиотеки <i>AggryFire</i>	80
<i>Черепанов С. С., Галияхматов М. Р., Осокин С. Д.</i> Разработка функциональной модели мини-ТЭЦ на попутном нефтяном газе.....	88
<i>Щенятский А. В., Башарова А. А.</i> Кинематика движения единичного зерна абразива при полировании плоских поверхностей хрупких неметаллических деталей	92
Рекомендации XII Всероссийского совещания «Новые кадры оборонно-промышленного комплекса», посвященного 100-летию со дня рождения М. Т. Калашникова.....	98

Раздел 1

НОВЫЕ КАДРЫ ОБОРОННО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА: ДИВЕРСИФИКАЦИЯ ОПК И РЕАЛИЗАЦИЯ НАЦИОНАЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ

А. Л. Кузнецов, доктор технических наук, профессор

Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

О задачах вуза по подготовке кадров в условиях диверсификации ОПК

Раскрываются характерные черты ИжГТУ имени М. Т. Калашникова в плане подготовки кадров для оборонно-промышленного комплекса, подчеркивается его значимость для региона и России в целом. Применительно к современным условиям диверсификации предлагаются решения, укрепляющие механизм плодотворного взаимодействия ведущих специалистов предприятий России, Удмуртии и специалистов университета. Идея «опорный вуз предприятий ОПК» получает свое подкрепление в таких предложениях, как: увеличение подушевого финансирования на подготовку специалистов для предприятий ОПК на 100 %, то есть в два раза, упрощение процедуры внесения в лицензию вузов адресов базовых кафедр предприятий ОПК, разработка и внедрение механизма финансирования ОКР и НИОКР на предприятиях ОПК за счет государственных субсидий и налоговых послаблений и др.

Ключевые слова: ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, диверсификация, подготовка кадров, взаимодействие вуза и предприятия.

Мы все прекрасно понимаем, что в условиях диверсификации предприятиям ОПК необходим целый ряд новых компетенций и специализаций, нужны специалисты, способные в условиях, отличных от масштабных и стабильных военных госзаказов, вывести новые изделия на рынок с высокой конкуренцией. Более того, нужны кадры, способные работать на опережение: создавать техно-

логии будущего, а это уже задачи научного творчества, специализированного коллектива и оборудования.

Большая часть таких кадров в Удмуртии – это выпускники ИМИ – ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (далее ИжГТУ), которые составляют основу специалистов на предприятиях ОПК республики.

ИжГТУ – это ведущая российская оружейная школа, это 10-летняя практика целевой подготовки для предприятий ОПК, ИжГТУ входит в тройку лидеров по выполнению целевого заказа среди российских университетов, а в период с 2014 по 2017 год вуз являлся победителем конкурса в рамках программы «Новые кадры ОПК».

Мы умеем учить. Для тех, кто близко не знаком с нашим вузом, добавлю, что Школа программирования ИжГТУ – одна из самых лучших не только в России, но и в мире. В арсенале команды ИжГТУ по спортивному программированию – золотые медали мировых чемпионатов, а конкурс на специальность «Информационная безопасность» у нас – как в столичном вузе.

Лидеры среди наших направлений и специальностей: робототехника и приборостроение, научная школа и специалисты в области «Теории механизмов и машин» (ТММ). Месяц назад на XV Всемирном конгрессе Международной федерации ТММ (IFTоММ) представители нашего вуза вошли в международные комитеты по зубчатым передачам, а ИжГТУ выиграл конкурс на проведение X Всемирной студенческой олимпиады по ТММ в 2020 году. Единственный в мире вуз, которому доверили проведение олимпиады второй раз (и самая первая в мире такая олимпиада состоялась в нашем университете в 2011 году)!

Наши архитекторы составляют конкуренцию Екатеринбург и проектируют новую Москву; в этом году открыт набор на новую актуальную для Удмуртии специальность – химиков-технологов. И эти примеры можно продолжать.

Самая тесная связь технического университета с реальным производством всегда была и есть, в ИжГТУ существует целая сеть базовых кафедр на

предприятиях региона. Но успешное сотрудничество зависит от прямого взаимодействия, когда планы и цели партнеров оперативно учитываются и соотносятся в процессе профессионального общения.

В период обучения, когда от общепрофессиональных дисциплин учащийся переходит к профессиональным компетенциям даже в рамках существующих государственных образовательных стандартов, сложно, но можно реализовать разные варианты одной и той же образовательной программы. Но формировать и масштабировать такие компетенции необходимо в непосредственном партнерстве с заказчиками. Как правило, вуз, получая заказ на специалистов, работает с кадровой службой предприятия, а необходимы прямые контакты с главными специалистами, главными конструкторами и технологами, то есть с теми, кто ставит эти задачи.

Механизм прямого общения ведущих специалистов наших предприятий и специалистов вуза способствует решению многих вопросов, и этот процесс необходимо укреплять и расширять, особенно в рамках или под патронажем ассоциации «Развитие».

О наших конкретных предложениях в условиях поставленной задачи:

1. Вузам, работающим с предприятиями оборонного комплекса, определить особый статус «опорный вуз предприятий ОПК». Такие вузы находятся в особых условиях по сравнению с обычными (классическими) университетами по многим параметрам: здесь и особый режим взаимодействия; и подготовка «штучных специалистов»; формирование уникальных компетенций и т. д.

2. Для опорных вузов предприятий ОПК необходимо предусмотреть увеличение подушевого финансирования на подготовку специалистов для предприятий ОПК на 100 %, то есть в два раза, одновременно предусмотреть учебные группы численностью до 12–15 студентов, так как такие специалисты – это не массовый выпуск, а уникальное единичное производство.

3. Упростить процедуру внесения в лицензию вузов адресов базовых кафедр предприятий ОПК.

Без технологической базы предприятий ОПК вузам не обойтись, а чтобы вести подготовку на базовых кафедрах, необходимо, чтобы их адреса (базовых кафедр) были внесены в лицензии вузов. Это относится к компетенции Роспотребнадзора, МЧС и проч. и связано с составлением паспортов зданий, в которых расположена базовая кафедра, и т. д. В связи с этим на предприятия ложатся дополнительные затраты, на которые согласится не каждое предприятие.

4. Разрешить вузам совместно с предприятиями разрабатывать собственные образовательные стандарты и на их основе ООП (образовательные программы) для новых направлений подготовки, связанных с конверсией. Современное производство требует все новых и новых специалистов с компетенциями в различных областях знаний, часто на стыке различных специальностей. Формировать такие кадры правильнее на основе требований работодателя.

5. Обратиться в Минобрнауки и к Минпромторгу РФ с просьбой разработать и внедрить механизм финансирования ОКР и НИОКР на предприятиях ОПК за счет государственных субсидий и налоговых послаблений. Не на конкурсной основе (как это предусматривает 218-е Постановление Правительства РФ № 218), а по установлению норматива или по факту выполненных научно-исследовательских работ предприятием ОПК.

К. М. Иванов, доктор технических наук, профессор
В. А. Бородавкин, доктор технических наук, профессор
А. М. Кузьмин, кандидат технических наук, доцент
E-mail: kuzmin.lex@gmail.com

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ»
им. Д. Ф. Устинова

Опыт БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова в развитии кадрового потенциала оборонно-промышленного комплекса

В статье дается оценка опыта БГТУ «Военмех» им. Д.Ф. Устинова и его роль в развитии кадрового потенциала оборонно-промышленного комплекса. Успешная деятельность вуза, базирующаяся на принципе уникальности, позволяет обеспечить его конкурентоспособность в сфере высшего образования, дает возможность учесть требования по диверсификации оборонно-промышленного комплекса, обеспечивает всестороннюю тщательную подготовку кадров. Основной спецификой Военмеха является тесное взаимодействие с предприятиями оборонно-промышленного комплекса, учреждениями Министерства обороны Российской Федерации и другими профильными министерствами и ведомствами. Университет ориентирован на расширение и совершенствование своего участия в выполнении задач, поставленных перед предприятиями. Для повышения эффективности деятельности предлагается учитывать национальную специфику высшего образования, внести изменения в систему оценки качества образования, связанную с профильностью, развивать новые направления подготовки, обеспечивать баланс подготовки кадров и их компетенций.

Ключевые слова: подготовка кадров, ОПК, конкурентоспособность, диверсификация, национальные проекты.

Приоритетом развития конкурентоспособной системы высшего образования является создание эффективного образовательного процесса, способного обеспечить высокий уровень подготовки высококвалифицированных кадров и обеспечить достойное место внутри страны и на мировой арене. Необходи-

мо учитывать, что для решения этой задачи необходимо функционирование внешних и внутренних факторов развития конкурентоспособной системы высшего образования. Учитывая специфику направленности подготовки кадров в БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова (далее – Военмех), а именно подготовка кадров для оборонно-промышленного комплекса (ОПК), к внутренним факторам можно отнести проходящую диверсификацию ОПК.

Трудности, с которыми сталкиваются предприятия при переходе на производство гражданской продукции, выражены в том, что у российского ОПК есть важнейшая особенность в отличие от других стран, а именно – выпуск оборонной продукции составляет от 70–90 %, по некоторым предприятиям почти достигает 98 %, что значительно затрудняет проведение экономических и технологических изменений, в то время как на зарубежных предприятиях эти значения находятся на уровне менее 50 %. Помимо технического переоборудования предприятий, затрат на приобретение лицензий, патентов для выпуска продукции, различий в бизнес-культуре, существует проблема, связанная с отсутствием соответствующих специалистов, что требует подготовки новых и переквалификации рабочих и инженерно-технических работников [1].

Тем не менее, для полноценной подготовки кадров требуется определить стратегические направления, к которым относится оборонно-промышленный комплекс РФ, обеспечить дополнительную, отдельную систему финансирования образовательных учреждений, направленную на развитие инфраструктуры, финансирование проектов, НИР, НИОКР, обеспечение высокого уровня зарплаты преподавательского состава. Такая система государственного управления гарантирует качественную подготовку инженерных кадров как для работы по профилю ОПК, так и гражданского направления.

Военмех проводит подготовку таким образом, что у выпускника достаточно знаний и компетенций, позволяющих ему выполнять задачи как по работе в области ОПК, так и гражданского профиля. Еще один из позитивных трендов – это появление бюджетных мест по гуманитарным направлениям подго-

товки. Так, в приеме 2019 г. были согласованы Минобрнауки контрольные цифры приема по направлениям подготовки магистратуры: менеджмент, управление персоналом, государственное и муниципальное образование, а в 2020 г. помимо указанных направлений подготовки будет осуществляться набор в рамках КЦП по следующим направлениям подготовки: психология служебной деятельности, перевод и переводоведение, фундаментальная и прикладная лингвистика. Любые направления подготовки, которые на первый взгляд являются не соответствующими профилю ОПК, содержат дисциплины, направленные на подготовку профильных кадров и, таким образом, должны учитываться при их формировании. Такой подход позволяет обеспечить конкурентоспособность высшего образования, базирующегося на принципе уникальности, а также дает возможность учесть требования по диверсификации ОПК, обеспечивая всестороннюю глубокую подготовку кадров.

Основной спецификой Военмеха является тесное взаимодействие с предприятиями оборонно-промышленного комплекса, учреждениями Министерства обороны Российской Федерации и другими профильными министерствами и ведомствами. Университет ориентирован на расширение и совершенствование своего участия в выполнении задач, поставленных перед предприятиями. Одним из ключевых направлений является подготовка специалистов. На рисунке приведены статистические данные по набору и соотношения с направлениями подготовки кадров для предприятий ОПК.

БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова реализует 25 направлений подготовки по программам бакалавриата, 12 направлений подготовки по программам специалитета и 17 направлений по программам магистратуры, из них в 2020 г. новые направления подготовки: интегрированные системы летательных аппаратов, технологические машины и оборудование.



Динамика приема в БГТУ «ВОЕНМЕХ» на специальности оборонного профиля

В последние годы происходили определенные позитивные изменения в системе развития кадрового потенциала оборонно-промышленного комплекса. Однако внесенные изменения в Федеральный закон № 273-ФЗ «Об образовании в РФ», ст. 71.1, и Постановление Правительства РФ от 21 марта 2019 г. № 302 «О целевом обучении по образовательным программам среднего профессионального и высшего образования и признании утратившим силу Постановления Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2013 г. № 1076» привели к значительному снижению набора на целевое обучение. В большей степени снижение связано с отказом предприятий, несмотря на то что у предприятий есть понимание значимости участия в подготовке кадров.

Сегодня достаточно динамично начали развиваться механизмы сетевого обучения как на территории вузов, так и на предприятиях. Немаловажно и развитие дополнительного профессионального образования, позволяющее оперативно обеспечить насыщение процесса обучения по предметам, тесно связанным со спецификой направленности предприятия по диверсификационным направлениям. Разработка таких предметов, курсов осуществляется при тесном взаимодействии с преподавателями вузов и сотрудниками оборонно-

промышленных предприятий, что позволяет достаточно быстро принимать изменения в специфике подготовки кадров для предприятий. Также при таком варианте сотрудничества преподаватели сами имеют возможность повысить свои компетенции, посещая производства и впитывая культуру производства, современные технологии и в дальнейшем передавать полученные знания будущим специалистам [2–4].

Учитывая поставленную президентом России Владимиром Путиным задачу о доведении к 2020 г. долю гражданской продукции не менее чем до 17 %, к 2025 г. – до 30 % от общего объема производства российского ОПК, к 2030 г. – до 50 %, предприятия ОПК должны активнее подключаться к проектам и программам, связанным с модернизацией, также важным является увеличение доли выделяемых предприятиями средств на НИОКР для университетов по гражданской тематике. В свою очередь, на предприятиях должно быть расширено финансирование государством затрат на НИОКР и составлять до 10 % от выручки [5].

Также требуются выработка и учет национальной специфики высшего образования, внесение изменений в систему оценки качества образования, связанную с профильностью, развитие новых направлений подготовки, обеспечение баланса подготовки кадров и их компетенций.

Прогноз развития системы образования и перспективные задачи на среднесрочный период демонстрируют серьезные изменения, влияющие на развитие всего российского образования. Новые методы государственного управления должны быть направлены на поддержание образовательных учреждений, у которых присутствует специфика подготовки кадров ОПК для обеспечения образовательного процесса для реального сектора экономики, изменения технологий обучения, усиления практической направленности с проектным подходом подготовки высококвалифицированных специалистов, создание онлайн курсов, расширение целевого обучения в интересах ключевых работодателей субъектов Российской Федерации.

Список литературы

1. Диверсификация ОПК: современное состояние // Арсенал Отечества. 2017. № 6 (32).
2. *Кузьмин, А. М.* БГТУ «ВОЕНМЕХ»: система подготовки инженерных кадров и научно-исследовательская деятельность / А. М. Кузьмин, М. Н. Охочинский // Научно-технические проблемы в промышленности: будущее сильной России – в высоких технологиях : тр. XIII Всерос. науч. чтений, 2019. С. 175–189.
3. *Иванов, К. М.* Подготовка кадров в Балтийском государственном техническом университете «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова. История и современность / К. М. Иванов, А. М. Кузьмин, М. Н. Охочинский // Инновационные технологии и технические средства специального назначения : тр. десятой общерос. науч.-практ. конф. Сер. «Библиотека журнала «ВОЕНМЕХ. Вестник БГТУ». 2018. № 43. С. 122–133.
4. *Кузьмин, А. М.* Особенности конкурентоспособной государственной системы высшего образования в РФ // Инновационные технологии и технические средства специального назначения : тр. Десятой общерос. науч.-практ. конф. Сер. «Библиотека журнала «ВОЕНМЕХ. Вестник БГТУ». 2018. № 43. С. 151–152.
5. Совещание по вопросам диверсификации производства продукции гражданского назначения организациями ОПК. URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/56699> (дата обращения: 03.11.2019).

Е. Е. Лаврищева, доктор экономических наук, доцент

E-mail: eelavri@yandex.ru

Ковровская государственная технологическая академия им. В. А. Дегтярева

Частно-государственное партнерство при подготовке инженерно-технических кадров как необходимое условие инновационного развития предприятий ОПК

На примере Ковровской государственной технологической академии им. В. А. Дегтярева рассмотрены эффективные формы частно-государственного партнерства при подготовке кадров для предприятий ОПК. Приведен механизм взаимодействия «вуз – предприятие». Представлены ключевые показатели реализации проектов целевого обучения студентов Ковровской государственной технологической академии им. В. А. Дегтярева для нужд предприятий ОПК города Коврова.

Ключевые слова: подготовка инженерных кадров, оборонно-промышленный комплекс, частно-государственное партнерство, профориентация.

Исходя из обозначенных в Указе Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» [1] целей – ускорение технологического развития Российской Федерации, увеличение количества организаций, осуществляющих технологические инновации, обеспечение ускоренного внедрения цифровых технологий в экономике, создание в базовых отраслях экономики высокопроизводительного экспортно ориентированного сектора, – приоритетной задачей для образовательных учреждений является подготовка высококвалифицированных инженерно-технических кадров, грамотное выстраивание их образовательной траектории для достижения результата. Возрастание важности такой задачи для предприятий ОПК связано, кроме того, с решением задачи диверсификации производства.

Составляющие кадрового обеспечения предприятий ОПК в целом известны и очевидны, это:

- ранняя профориентационная деятельность;
- практико-ориентированное непрерывное обучение;
- ориентация на международные стандарты качества образования.

Однако успешность каждой из них, ее результативность может быть достигнута только при тесном взаимодействии вуза и предприятия, реализации частно-государственного партнерства. Нам хотелось бы показать это на примере Ковровской государственной технологической академии им. В. А. Дегтярева, где ведется подготовка инженерно-технических кадров для предприятий ОПК чуть более 50 лет.

Первая составляющая – ранняя профориентационная деятельность. В разных вузах перечень мероприятий может отличаться по названию, но содержание и цели одинаковы. По большому счету это: а) дополнительные общеобразовательные программы для школьников (в том числе и в занимательной форме) по ряду технических направлений – физике, математике, информатике, робототехнике и др.; это центры, школьные университеты, инженерные классы, летние школы и т. п.; б) обязательные дни открытых дверей; в) научные мероприятия. Особенностью наших мероприятий мы считаем использование механизма частно-государственного партнерства при их реализации (таблица).

Механизм частно-государственного партнерства при проведении профориентационных мероприятий вузом

Роль вуза	Мероприятие	Роль предприятия
Кадровое, методическое, организационное обеспечение	Инженерные классы на базе академии	1. Финансирование 2. Экскурсии на предприятие
Кадровое, методическое, организационное обеспечение	Центр инновационного развития школьников	1. Финансирование 2. Экскурсии на предприятие

Роль вуза	Мероприятие	Роль предприятия
Организационное обеспечение	Дни открытых дверей	Организация тематических площадок предприятий, информация о траектории возможного профессионального роста
Кадровое, методическое, организационное обеспечение	Научные конкурсы, олимпиады	Организационное и финансовое обеспечение

Благодаря финансовой поддержке предприятий для школьников все мероприятия бесплатны, в итоге динамика количества обучающихся в нашем Центре инновационного развития школьников (ЦИРШ) положительная (рис. 1).

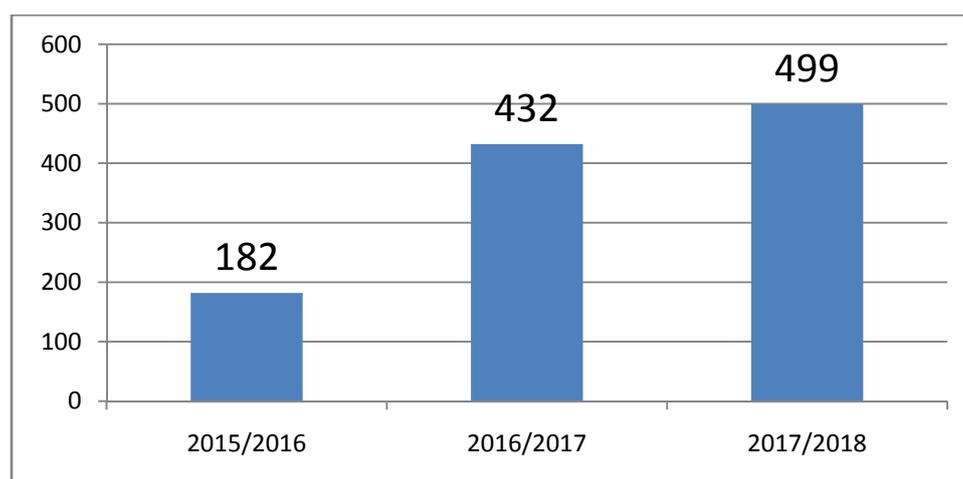


Рис. 1. Динамика обучающихся школьников в ЦИРШ

Другой особенностью взаимодействия вуза и предприятия является обязательное включение в учебные планы занятий со школьниками экскурсий на предприятия, предусматривающих знакомство с условиями труда, оборудованием, технологиями производства. Задачу повышения имиджа инженерных профессий, возможностей жить и трудиться в родном городе решаем вместе не только с работодателями, но и с администрацией города (управление образования – активный помощник всех наших начинаний).

Вторая составляющая – практико-ориентированное непрерывное обучение. Хотелось бы обозначить один из наиболее интересных, эффективных проектов, инициированных МОН РФ и реализующихся с 2015 года. Это проект «Новые кадры ОПК». В основе его также заложен механизм частно-государственного партнерства вуза и предприятия, но уже в образовательной деятельности. Проект предполагает финансирование работодателем профориентационных мероприятий вуза, стажировок студентов и преподавателей, выплату стипендий участникам проекта. Тематика дополнительных образовательных модулей, согласованных с заказчиком, входит в перечень приоритетных направлений развития экономики РФ и направлена на создание инновационных товаров и технологий:

– Гидропривод систем наведения и стабилизации, пневмогидроавтоматика ракетно-космических комплексов.

– Микропроцессорные системы робототехнических комплексов специального назначения: приборы ориентации и навигации, интеллектуальные системы управления движением.

– Стрелково-пушечное вооружение, боевые дистанционно управляемые модули.

– Программирование высокотехнологичных станков с числовым программным управлением.

Как результат такого подхода – 100%-е трудоустройство выпускников Программы на предприятиях ОПК. Вузовское сообщество и работодатели (руководители предприятий ОПК), однозначно, выступают за то, чтобы эта программа была продолжена и после 2020 года.

Третья составляющая – ориентация на международные стандарты качества образования, участие в конкурсе «Молодые профессионалы» по стандартам WorldSkills. Эта составляющая направлена, прежде всего, на формирование у студентов необходимых компетенций для инновационного развития предприятий, освоения новых профессий, направлена на реализацию опережающего обучения. И в этом направлении наш союз с предприятиями – это возмож-

ность использования их материально-техническую базу для подготовки по таким стандартам, финансовая поддержка участия в конкурсе. Результаты высокие, достойные:

– 2017 г. – 3-е место в Национальном чемпионате по компетенции «Токарные работы на станках с ЧПУ»;

– 2018 г. – школьники под руководством наших преподавателей заняли 2-е место в региональном чемпионате JuniorSkills; студенты – 1-е место в компетенции «Токарные работы на станках с ЧПУ»;

– 2019 г. – 1-е место в региональном чемпионате, 2-е место в Национальном чемпионате по компетенции «Изготовление изделий из полимерных материалов».

Все вышесказанное позволяет нам говорить о действующих на сегодняшний день механизмах частно-государственного партнерства как действенной, эффективной мере подготовки инженерно-технических кадров для предприятий ОПК, кадров, способных, обладающих необходимыми компетенциями для производства и внедрения инноваций.

Список литературы

1. Указ Президента РФ от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» // [Информационно-правовой портал ГАРАНТ.РУ]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71837200> (дата обращения: 31.10.2019).

Р. А. Мищенко, кандидат технических наук, доцент кафедры «Авиастроение»;

О. В. Зимовнов, кандидат технических наук, доцент,

декан факультета «Авиастроение»;

e-mail: spu-36@donstu.ru

Донской государственной технической университет (г. Ростов-на-Дону)

Взаимодействие вузов с предприятиями ОПК: достижения, проблемы, перспективы

В статье рассмотрены вопросы эффективности работы базовых кафедр на примере кафедры «Авиастроение», созданной на базе Донского государственного технического университета совместно с предприятием ОПК – ПАО «Роствертол». В статье представлена ведущая роль базовых кафедр в формировании необходимых компетенций, отвечающих специфике работы таких предприятий, представлены проблемы, мешающие развитию новых кафедр и уже существующих и предложения по устранению представленных проблем.

Ключевые слова: базовая кафедра, ПАО «Роствертол», ПАО «ТАНТК им. Г. М. Бериева», ОПК, кафедра «Авиастроение», кадры.

Современные тенденции взаимодействия науки и образования с предприятиями ОПК, значительного расширения и повышения эффективности функционирования научно-технологического пространства вузов на примере функционирования базовых кафедр за столь незначительное время показывают свои плоды. В 2000-х годах многие предприятия ОПК столкнулись с кадровым голодом технических специалистов. Не обошло стороной и Ростовский вертолетный производственный комплекс ОАО «Роствертол» (ПАО «Роствертол»), входящий ныне в холдинг «Вертолеты России», выпускающий транспортные и военные вертолеты Ми-26, Ми-35, Ми-28 и их модификации. В конце 90-х на предприятии остро возник кадровый дефицит инженерных специалистов, занимающихся подготовкой вертолетостроительного производства. Руководство

предприятия во главе с генеральным директором ОАО «Роствертол» Б. Н. Слюсарем приняло решение готовить кадры самостоятельно, «под себя». На основании этого решения в 2002 году приказом ректора Донского государственного технического университета и позже, приказом генерального директора ОАО «Роствертол», была создана совместно базовая выпускающая кафедра «Авиастроение» при Донском государственном техническом университете (далее ДГТУ). Первоначально отбор в группу производился из успешно обучающихся студентов третьего курса, для которых занятия по спецдисциплинам, включая курсовые проекты, проводились на территории предприятия с использованием его материально-технической базы и привлечением специалистов ОАО «Роствертол». Такая практика обучения показала высокие результаты подготовки специалистов, выпускники приобретали компетенции, требуемые предприятию, и они не нуждались в адаптации на производстве после окончания университета. В связи с введением в процесс образования федеральных стандартов 3-го поколения базовая кафедра «Авиастроение» через приемную комиссию ДГТУ стала осуществлять целевой прием абитуриентов с заключением трехстороннего договора между будущими обучающимся, предприятием и вузом. Отбор на целевые места проводится конкурсно через проведение олимпиад по вертолетостроению. После успешного обучения выпускники, подготовленные кафедрой «Авиастроение», трудоустраивались на предприятии в отделы ОГК и ОГТ. Участие руководства и инженерных служб ПАО «Роствертол» в подготовке собственного кадрового резерва на кафедре «Авиастроение» заключается в выделении ведущих специалистов для работы в качестве преподавателей, руководителей практик, финансировании их деятельности, в материальной поддержке молодых специалистов, распределяемых на предприятии, в учреждении именной стипендии им. М. В. Нагибина для студентов, добившихся наибольших успехов в учебе и в исследовательской деятельности, в размере 15000 руб. ежемесячно. Уже при разработке Положения о кафедре коллектив ОАО «Роствертол» был нацелен на достижение в перспективе уровня ведущих образовательных

авиационных центров, руководствуясь требованиями международных аккредитационных организаций. В числе этих требований:

- востребованность выпускников реальным сектором экономики по профилю их подготовки;
- современная материально-техническая и лабораторная база учебного процесса;
- наличие спонсоров учебного процесса из числа авиационных корпораций-работодателей;
- наличие стажа работы по специальности не менее трех лет из каждых 10 лет общего стажа необходимость для преподавателей авиационно-технического цикла дисциплин;
- значительный объем научных исследований по тематике, актуальной для отрасли, по профилю которой ведется подготовка инженеров.

Двое выпускников базовой кафедры «Авиастроение», защитив диссертации, вошли в состав кафедры, одновременно работая на предприятии и передавая опыт и знания, в том числе научные, будущим специалистам.

Таким образом, ПАО «Роствертол» стал флагманом в подготовке кадров для нужд предприятия не только в ДГТУ, но и регионе. Под руководством нового заведующего кафедрой «Авиастроение» доктора технических наук, профессора М. Б. Флека, при поддержке управляющего директора ПАО «Роствертол» П. Д. Мотренко кафедра «Авиастроение» ставит новые задачи в обеспечении требуемых компетенций, отвечающие запросам вертолетного производства. Наибольшая активность в данном вопросе проявилась при реализации ведомственной целевой программы «Развитие интегрированной системы обеспечения высококвалифицированными кадрами организаций оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации в **2016–2020** годах», утвержденной приказом Минобрнауки России от 24 февраля **2016** года № **170** [1]. Своим успешным примером в подготовке кадров ПАО «Роствертол» продемонстрировал эффективность подготовки кадров другим предприятиям региона. Постепенно на базе ФГБОУ ВО «ДГТУ» стали создаваться базовые кафедры, в числе кото-

рых оказалось второе крупное авиационное предприятие региона ПАО «Таганрогский авиационный научно-технический комплекс им. Г. М. Бериева (ТАНТК им. Г. М. Бериева)», которое нацелено на подготовку магистров авиационного направления. Однако есть проблемы, которые затрудняют развитие базовых кафедр, как вновь сформировавшихся, так и действующих. Одна из первых проблем – это невозможность внесения в лицензию вузов адресов базовых кафедр предприятий ОПК, и поэтому материально-техническая база предприятия, которая отсутствует у вузов, но необходима для реализации требуемых компетенций, не может быть включена в разделы требований к условиям реализации образовательных программ по ФГОС ВО 3++. Вторая проблема – кадровая. Как правило (и это обоюдно выгодно и предприятию ОПК, и университетам), заведующим базовой кафедрой должен быть генеральный или управляющий директор предприятия либо кто-то из его заместителей. Тогда базовая кафедра принимает особый статус. Но не все руководители предприятий ОПК (их заместители) имеют ученую степень и звание. А назначение заведующего кафедрой от университета несет потерю смысла и особого статуса базовой кафедры. Поэтому считаем, что для более тесного сотрудничества предприятий ОПК и университетов, повышения статуса базовых кафедр, большей заинтересованности руководства предприятий ОПК в подготовке специалистов следует упростить процедуру внесения в лицензию вузов адресов базовых кафедр, созданных совместно с предприятиями ОПК, в исключительном порядке назначать руководителей (заместителей) предприятий ОПК без ученой степени и ученого звания заведующими базовыми кафедрами.

Список литературы

1. Приказ Министерства образования и науки РФ от 29 февраля 2016 г. № 170 «Об утверждении ведомственной целевой программы «Развитие интегрированной системы обеспечения высококвалифицированными кадрами организаций оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации в 2016–2020 годах». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_256455.

Раздел 2

МАТЕРИАЛЫ ВЫСТАВКИ-СЕССИИ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ МОЛОДЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ И УЧЕНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И ИЖГТУ ИМЕНИ М. Т. КАЛАШНИКОВА

Н. С. Балтачев, студент

E-mail: nikitabaltachev@mail.ru

А. Н. Гуменюк, аспирант

E-mail: aleksandrgumenyuk2017@yandex.ru

Ф. Е. Шевченко, магистрант

E-mail: Seraph.007@yandex.ru

И. С. Полянских, кандидат технических наук, доцент

E-mail: irina_maeva@mail.ru

Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

Перспективные направления применения гипсокерамических изделий на основе отходов производства

Керамические изделия обладают повышенным потенциалом применения в различных областях строительства и промышленности. Композитные гипсокерамические изделия могут быть получены на основе отхода производства плавиковой кислоты (фторангидрита) и отхода топливно-энергетического комплекса (технической серы) при гидратации с последующей термической обработкой в муфельной печи. Данная статья ориентирована на анализ перспектив разработки гипсокерамических изделий в целях их практического применения в отраслях со сформировавшейся потребностью в специальных термо- и износостойких изделиях.

Ключевые слова: гипсокерамика, фторангидрит, техническая сера, конструкционная керамика, термическая обработка, отход производства.

Потребности современного промышленного производства в экологически чистых материалах с повышенными эксплуатационными свойствами постоянно увеличиваются. В связи с этим поликристаллические материалы привлекают к себе значительное внимание, так как они обладают повышенными прочностными характеристиками, износостойкостью, жаростойкостью, стойкостью к агрессивным средам. Подобным спектром свойств обладают керамические материалы и изделия, однако предъявляемые к ним требования современной промышленности не позволяют использовать их в исходном виде [1].

Применяемые на сегодняшний день керамические изделия требуют концептуально иного подхода к проектированию составов. Наряду с этим не теряет актуальность и необходимость в устранении основных недостатков поликристаллических материалов, таких как склонность к хрупкому разрушению и относительно высокая стоимость производства.

Основываясь на исследованиях [2, 3], можно говорить о перспективном развитии технологии производства гипсокерамических изделий на основе отхода производства плавиковой кислоты (фторангидрита). Производство поликристаллического материала на основе ультрадисперсного порошка фторангидрита позволит снизить себестоимость продукции и получить необходимые эксплуатационные характеристики конечного изделия. Однако проблема хрупкого разрушения при использовании фторангидрита в качестве основного компонента также будет актуальна, поскольку получение керамического изделия на основе ультрадисперсного порошка вызывает образование большого количества мелких пор в изделии. Поры образуют концентрированные центры напряжений, что создает повышенную вероятность хрупкого разрушения и появление внутренних трещин [2] в процессе производства.

Исходя из исследований [4, 5], можно сделать вывод о возможном решении проблемы хрупкости гипсокерамики путем введения в проектируемый состав отходов топливно энергетического комплекса, например, техническую серу. Основываясь на свойствах и строении кристаллической решетки серы [6], можно говорить о значительном повышении вязкости и стойкости к истиранию

керамического изделия при совмещении фторангидрита и серного компонента в составе.

Композит, полученный в результате исследования, будет являться принципиально новым поликристаллическим материалом, обладающим повышенными эксплуатационными характеристиками. Помимо этого, в связи с введением в состав технической серы, обладающей рядом специфических характеристик (диамагнитность, химическая стойкость, экранирование от электромагнитного и ионизирующего излучения), полученный керамический композит будет востребован в разных отраслях промышленности [6].

Разработанный универсальный композитный поликристаллический материал имеет перспективы широкого применения при производстве конструкционных материалов в строительстве, при изготовлении осевых и радиальных подшипников скольжения, торцовых уплотнений и запорной арматуры, а также различного оборудования в машино- и приборостроении [7].

Проанализированные исследования существующих материалов, опыт их применения и особенности эксплуатации позволяют обозначить направление разработки актуального керамического композита и оптимизировать исследовательские решения при проектировании составов. Проведение научно-исследовательской работы в этой области позволит реализовать преимущества использования поликристаллического материала на основе фторангидрита и технической серы в качестве конструкционного материала, что позволит снизить материалоемкость и позволит повысить эффективность производственных процессов.

Список литературы

1. *Эшби, М.* Конструкционные материалы : полный курс : пер. с англ. / М. Эшби, Д. М. Джонс. Долгопрудный : Интеллект, 2010. 672 с.
2. *Каллистер, У. Д.* Материаловедение: от технологии к применению (металлы, керамика, полимеры) : пер. с англ. / У. Д. Каллистер, Д. Дж. Ретвич. СПб. : Научные основы и технологии, 2011. 896 с.

3. *Рагуля, А. В.* Консолидированные наноструктурные материалы / А. В. Рагуля, В. В. Скороход. Киев : Наук. думка, 2007.
4. *Аниканова, Л. А.* Материалы для ограждающих конструкций из композиционных фторангидритовых вяжущих / Л. А. Аниканова, А. И. Кудяков, В. В. Редлих // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2012. № 1. С. 106–112.
5. *Колодяжный, А. Ю.* Перспективы производства деталей из конструкционной керамики // Молодежь Поволжья – науке будущего ЗМНТК–2003 : материалы молод. науч.-техн. конф. 2003 г. Ульяновск : УГТУ, 2003. С. 52–53.
6. *Менковский, М. А.* Технология серы / М. А. Менковский, В. Т. Яворский. М. : Химия, 1985. 328 с.
7. *Салахов, А. М.* Инновационные материалы: современная керамика / А. М. Салахов, Р. А. Салахова. Казань : Парадигма, 2012. 383 с.

Н. А. Ворожцова, аспирант

E-mail: n.vorozh@mail.ru

С. В. Вологдин, доктор технических наук, профессор

Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

Разработка интеллектуальной информационной мобильной системы учета электроэнергии

Актуальность работы заключается в применении универсальной обработки изображений для дальнейшей верификации данных показаний приборов учета электроэнергии. Применение распознавания образов дает возможность быстро выявить ошибки ручного ввода различной информации. Объектом исследования являются бизнес-процессы, направленные на детальный мониторинг и учет электроэнергии ПАО «МРСК Центра и Приволжья» филиала «Удмуртэнерго». Предмет исследования – принципы проектирования и практическое применение интеллектуальной системы на предприятии. Целью работы является повышение уровня достоверности коммерческого учета электроэнергии.

Ключевые слова: интеллектуальная информационная мобильная система, мобильный энергоучет, терминал сбора данных, распознавание образов, сверточная нейронная сеть.

Введение

Учет топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) является основой энергосбережения и необходимым компонентом повышения энергетической эффективности. Первый шаг к созданию автоматизированных систем учета ТЭР – это установка приборов учета энергоресурсов.

Для учета электроэнергии используются индукционные и электронные счетчики, каждый из которых имеет свои достоинства и недостатки.

Счетчики индукционного типа простые и дешевые, имеют низкий класс точности (2.0) и слабую защиту от хищения электроэнергии. Индукционные

счетчики, как правило, не используются для автоматизированного способа снятия показаний.

Электронные счетчики имеют более высокую стоимость по сравнению с индукционными счетчиками, но позволяют снимать показания с высоким классом точности (до 0.2). Такие устройства могут хранить данные учета электроэнергии, предоставляют возможность дистанционного снятия показаний потребленного энергоресурса, что позволяет применять данные счетчики в автоматизированных информационно-измерительных системах коммерческого учета электроэнергии [1].

Анализ существующих решений

Упрощение работ по учету электроэнергии стало возможным с применением различных автоматизированных систем учета. Задача таких систем заключается в сборе в короткие сроки энергосбытовой компанией всех данных о потоках электроэнергии, которые в последующем подлежат обработке. Информация должна анализироваться с целью составления прогнозов по потреблению. Результатом проведенных анализов является отчет о потребленной и отпущенной электроэнергии, а также должны быть проведены расчеты за электрическую энергию. Внедрение таких систем учета позволит достаточно точно определять объемы потребленной энергии.

Автоматизированные информационно-измерительные системы коммерческого учета электроэнергии (АИИС КУЭ) на основе интеллектуальных счетчиков полностью защищены от хищений, а также обеспечивают достоверный учет электроэнергии. Приборы учета снабжены системой сигнализации, которая реагирует на постороннее вмешательство, записывая в журнал счетчика о нарушении [2].

Внедрению классических систем автоматизированного учета электроэнергии в массовом количестве мешает высокая стоимость таких систем. Филиал Удмуртэнерго ПАО «МРСК Центра и Приволжья» разрабатывает и внедряет электронную автоматизированную систему «Мобильный энергоучет» с исполь-

зованием терминалов сбора данных (ТСД) [3]. Возможности ТСД позволяют снимать показания с различных типов счетчиков, в том числе и с индукционных приборов учета. В этом случае затраты на приобретение новых счетчиков отсутствуют. Контроль при помощи терминала проводит контролер. При первом обходе контролер присваивает каждому прибору учета индивидуальный номер (штрих-код), наклеивая его на корпус счетчика. В случае обнаружения хищения электроэнергии оформляется акт безучетного потребления, используя данные базы данных и мобильный принтер. Внесенные в базу данные терминалом передаются по каналу GPRS. При очередном обходе контролеру достаточно считать данные значения штрих-кода, ранее установленного на приборе учета, сверить все данные с базой данных и внести изменения.

Мобильный комплекс учета и контроля потребления электроэнергии с применением терминалов сбора данных предполагает существенное снижение бумажного документооборота, исключает влияние оператора на занесение данных в базу данных, совершенствует процесс определения объема переданной энергии потребителям, снижает время получения данных. Сбор и передача данных осуществляется в режиме реального времени, что позволяет сократить время поступления данных с объекта до оператора. В данном решении учета создан центр мониторинга и управления процессом, осуществляется контроль доступа к данным на местности, производится оценка производительности труда персонала по оперативным данным системы.

Одним из объектов информации, передаваемых при использовании терминала сбора данных, является фотография лицевой панели прибора энергоучета. При использовании фотографии как источника информации встает вопрос об извлечении данных, непосредственно находящихся на изображении. Для этого необходимо использовать методы обработки, то есть распознавание образов.

Структура интеллектуальной системы

Задача распознавания информации на изображении относится к типу когнитивных задач, свойственных человеческому мозгу, для ее решения необхо-

можно составить систему искусственного интеллекта [4]. Такая система должна делиться на решение трех подзадач: формирование и накопление знаний; применение этих знаний для решения задач; накопление новых знаний по мере решения задач. Для этого необходимо реализовать следующие функции: обучение, представление и рассуждение.

Для решения задачи нахождения показаний на фотографиях приборов учета электроэнергии необходимо разработать программу преобразования изображений печатного текста в машинный. Существует множество готовых библиотек для оптического распознавания текста.

Одной из самых популярных программ для распознавания текста является Tesseract [5]. Точность распознавания будет иметь очень низкое качество, если изображения, подающиеся на вход, не будут обработаны соответствующим образом. Первоначально необходимо увеличить исходное изображение так, чтобы высота всего текста была не менее 20 пикселей. Также необходима большая контрастность символов, иначе при процедуре бинаризации изображения информация будет утеряна.

На рис. 1 продемонстрирована работа программы, написанной с использованием библиотеки Tessnet при помощи технологий Tesseract. Для работы алгоритма распознавания печатного текста на вход вызываемому методу необходимо подать изображение, файл с информацией о распознаваемых символах, а также цвет текста. Алгоритм при прохождении по изображению слева направо определяет характеристики первых символов и создает макет, после чего на остальной части рисунка происходит поиск символов с конкретными параметрами. Поэтому изначально, для более высокой точности распознавания всей информации необходимо выделить все блоки текста.

Анализ работы программы показал, что для распознавания показаний приборов учета электроэнергии необходимо использовать классические методы распознавания образов с целью улучшения качества фотографии. Для ускорения разработки подобных алгоритмов существуют готовые библиотеки. Одним

из самых популярных и удобных в использовании средств по распознаванию образов является библиотека OpenCV.



Рис. 1. Распознавание текста с помощью Tesseract

В ходе разработки программного продукта, решающего поставленную задачу, на первоначальном этапе была спроектирована программа, которая по фотографии счетчика энергоресурса распознает тип, наименование и номер счетчика, а также текущее показание потребления энергии. Распознавание образов осуществлялось методом Виолы – Джонса с помощью библиотеки OpenCvSharp [6].

Результаты создания системы распознавания

В процессе исследования темы распознавания образов были выделены более эффективные методы и алгоритмы. На рис. 2 представлено изображение с искажением перспективы. Для устранения этого недостатка был выбран метод аффинных преобразований (рис. 3).

На рис. 4 показан пример работы составленной конфигурации из обученных каскадов.



Рис. 2. Исходное изображение



Рис. 3. Изображение с устранением искажения перспективы



Рис. 4. Распознавание показания

Заключение

В ходе разработки программного продукта, решающего поставленную задачу, на первоначальном этапе была спроектирована программа, которая непосредственно ищет каждую из цифр на заранее найденном показании прибора. На рис. 5 продемонстрирована статистика распознавания для приборов с механическим табло. На диаграмме видно, что алгоритм допускает большое количество ошибок на этапе нахождения цифр.

Для улучшения статистики распознавания было разработано решение, при котором на первом этапе алгоритм находит все цифры на показании, а далее обрабатывает каждую цифру и выносит гипотезу ее принадлежности. На рис. 6 показана статистика, на которой видно, что данный подход обеспечивает более точную классификацию показаний.

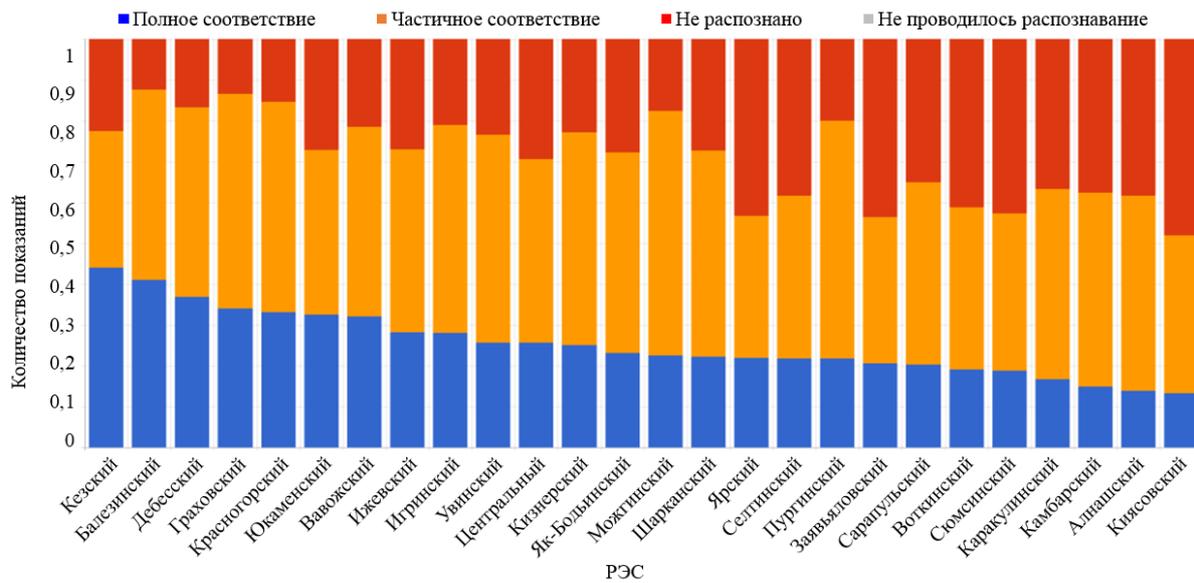


Рис. 5. Статистика распознавания на первоначальном этапе

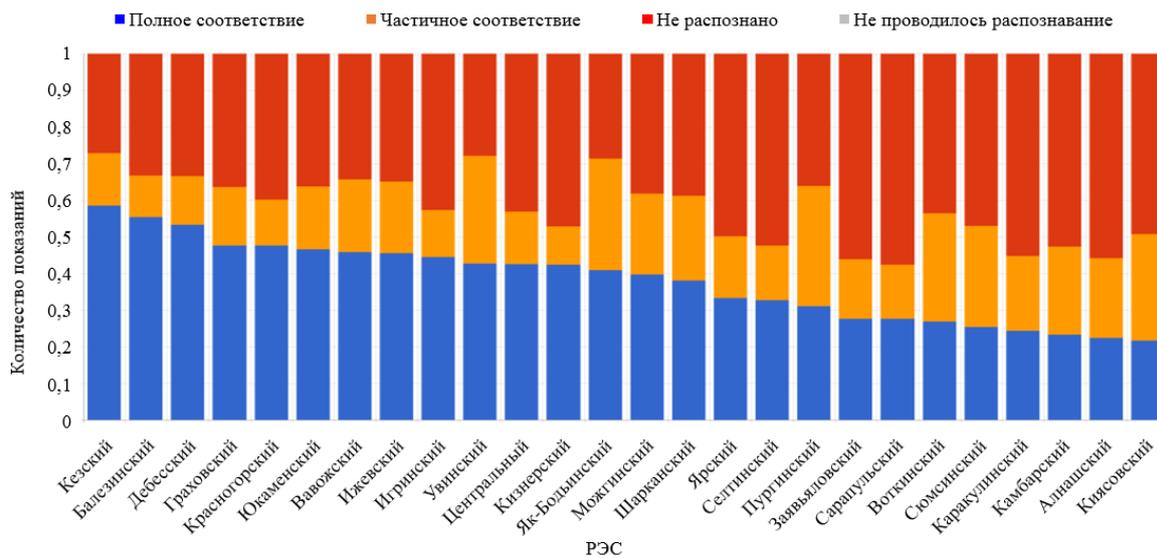


Рис. 6. Улучшение результатов распознавания

Список литературы

1. *Filippov, S.* (2018) New Technological Revolution and Energy Requirements. *Foresight and STI Governance*, vol. 12, no 4, pp. 20-33. DOI: 10.17323/2500-2597.2018.4.20.33.
2. *Виноградов, А. В.* Перспективы развития систем учета электроэнергии / А. В. Виноградов, М. В. Бородин, Д. Ю. Юров // Вести высших учебных заведений Черноземья. 2012. № 2. С. 10–15.
3. *Vologdin, S. V.* Portable data collection terminal in the automated power consumption measurement system / S. V. Vologdin, I. D. Shushkov, E. K. Bysygin // *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series*. 2018. Vol. 944. DOI: 10.1088/1742-6596/944/1/012122.
4. *Тепанди, Яа. Яа.* Applied artificial intelligence systems and automated software engineering // *Programming and computer software*. 1989. 15 (1). Pp. 27-33.
5. Tessonet2 a .NET 2.0. URL: <http://pixel-technology.com> (дата обращения: 20.09.2019).
6. Автоматизированный учет электроэнергии в бытовом секторе / С. В. Вологдин, Е. К. Бусыгин, И. Д. Шушков, П. И. Рябов, К. В. Брицын // *Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации* : сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. Пенза : Наука и просвещение, 2016. С. 84–88.

А. Н. Гуменюк, аспирант

E-mail: aleksandrgumenyuk2017@yandex.ru

И. С. Полянских, кандидат технических наук, доцент

E-mail: irina_maeva@mail.ru

Д. С. Гагаринова, студент

E-mail: d.gagarinova1998@yandex.ru

И. С. Баженова, магистрант

E-mail: lomapi1111@yandex.ru

Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

Моделирование влияния термопластичной серной добавки на сульфатостойкость цементного камня

В данной работе потенциометрическая модель использовалась для моделирования воздействия агрессивной сульфатной среды на цементные матрицы на основе традиционного портландцемента и модифицированные составы с применением структурирующей добавки. Модель учитывает изменение потенциалов титруемого раствора в качестве индикатора протекания обменных реакций с составными частями цементного камня. При этом в процессе определения объема титранта, затраченного на титрование вещества в анализируемом растворе, происходит расчет количественных показателей протекающей обменной реакции. Результатами применения данного моделирования является определение двух показателей, являющихся основными для прогнозирования срока службы материала: глубина проникновения агрессивной жидкости в поровое пространство и количество растворенного гидроксида кальция. Полученные результаты по определению данных параметров демонстрируют, что применение структурирующей добавки на основе серы способствует повышению устойчивости цементного камня к воздействию агрессивной сульфатной среды. Данное изменение коррозионной стойкости обусловлено уплотнением структуры цементной матрицы за счет формирования малорастворимого каркаса.

Ключевые слова: сульфатная коррозия, строительные материалы, техническая сера, термическая обработка, цементный камень.

В современном мире активное развитие промышленности и высокое потребление углеводородов привело к значительному загрязнению окружающей среды. Большинство вредных веществ, выбрасываемых промышленностью в воду, почву и воздух, оказывают значительное влияние на эксплуатационные характеристики заглубленных конструкций из бетонов на основе портландцемента [1, 2].

Исходя из этого, бетонные конструкции могут в высокой степени подвергаться деструктивному воздействию из-за наличия в окружающей среде определенных химических элементов – растворенных компонентов, усиливающих растворение и выщелачивание структурных составляющих конструкций на основе традиционного цементного вяжущего [2].

На основании исследований [3] была проведена исследовательская работа по поиску эффективного модификатора цементного бетона, способного нивелировать недостатки химического состава основных компонентов. По результатам проведенных исследований было установлено, что значительное влияние на процесс химической деструкции бетона оказывает структурирующий модификатор на основе технической серы [4].

Специфические свойства серных композиций, в том числе химическая инертность к активным соединениям, защитные свойства от электромагнитного и радиоактивного излучений, обуславливают перспективы применения технической серы в строительной и дорожной индустрии. Серные композиции (бетоны, растворы, мастики) представляют собой искусственный каменный материал из затвердевшей отформованной смеси, состоящей из серного вяжущего и заполнителей. Развитие направления по использованию технической серы для получения сероасфальтов и серобетонов в настоящее время является одной из актуальных задач по получению строительных материалов нового поколения [5].

В данной работе проведено моделирование влияния агрессивной сульфатной среды на коррозионную стойкость методом построения потенциометрической модели. Анализ результатов измерений, произведенный в процессе

моделирования взаимодействия между модифицированной цементной матрицей и однонормальным раствором сульфата натрия, позволил сформировать детальное представление о процессе влияния сульфатной коррозии на структуру модифицированной цементной матрицы [6].

В результате проведенного моделирования была установлена закономерность между изменением показателя прочности и количественным показателем растворенного гидроксида кальция. Данная закономерность демонстрирует, что один из основных компонентов цементной матрицы, гидроксид кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$, вымывается в значительно меньшем количестве из состава № 3 (изготовленного с введением структурирующей добавки в количестве 7 % (рис. 1)). Полученный эффект обусловлен формированием плотного инертного каркаса из полимерной серы, блокирующего проникновение ионов агрессивной среды в структуру цементного камня.

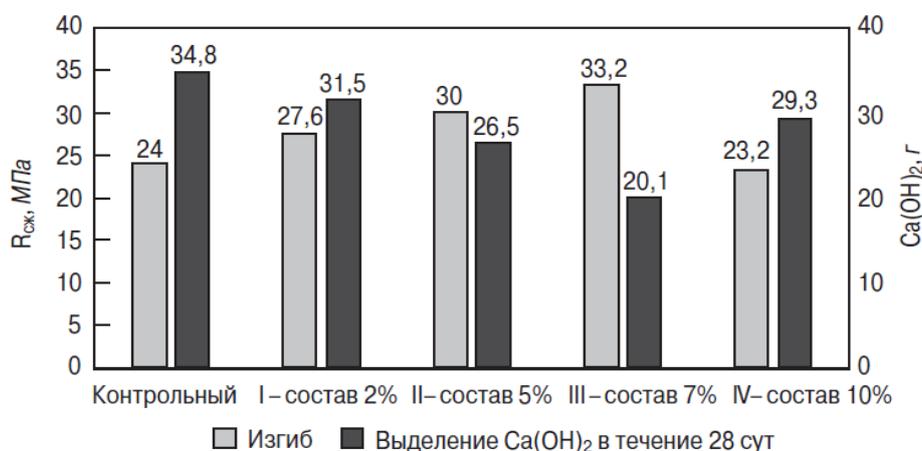


Рис. 1. Соотношение прочности цементного камня к количеству выделяющегося гидроксида кальция

Результаты потенциометрического моделирования подтверждаются компьютерной томографией (рис. 2). Так, на разрезе модели образца, полученного в форме 3D-изображения, наблюдаются зеленые участки, показывающие границу раздела фаз и свидетельствующие о глубине проникновения агрессивного раствора в тело образца не более чем на 2 мм.

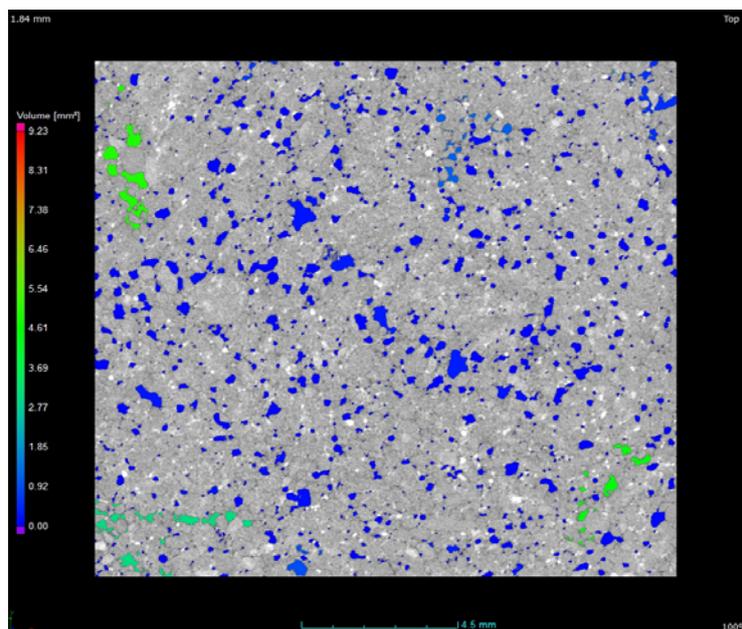


Рис. 2. Изображение, полученное при построении разреза на основе 3D-модели модифицированного образца

Анализ результатов проведенного исследования подтвердил эффективность применения структурирующей добавки в качестве средства повышения коррозионной стойкости бетонных изделий. Предложенный метод экономически эффективен как на начальном этапе жизненного цикла цементных изделий, так и при длительной эксплуатации. В работе также доказана практическая эффективность применения потенциалометрического моделирования для оценки степени влияния агрессивной сульфатной среды на цементную матрицу.

Список литературы

1. Термопластичная добавка техногенного происхождения для бетонов и растворов / А. Н. Гуменюк, Г. И. Яковлев, И. С. Полянских, А. Ф. Гордина, В. П. Грахов // Интеллектуальные системы в производстве. 2019. Т. 17, № 1. С. 126–130.
2. Жилкина Т. А., Сычугов С. В., Гуменюк А. Н., Мацкявичюс Р., Турчин В. В., Васильев В., Закиров М. Ф., Ильинский А. А. Technology of soil stabilization with cement-sand grouting mortar with optimal aggregate grading // International Scientific Conference Environmental Science for Construction Industry – ESCI 2018. Сер. «MATEC Web of Conferences» 2018. С. 05046.

3. Структурирующая добавка на основе отхода производства для минеральных вяжущих / А. Н. Гуменюк, И. С. Полянских, Г. Н. Первушин, А. Ф. Гордина, Г. И. Яковлев, Д. Р. Хазеев // Строительные материалы. 2019. № 7. С 41–46.

4. *Chaudhuri R.G., Paria S.* Synthesis of sulfur nanoparticles in aqueous surfactant solutions // Journal of Colloid and Interface Science. 2010. Vol. 343 (2). Pp. 439-446. DOI: 10.1016/j.jcis.2009.12.004

5. *Шейнфельд, А. В.* Органоминеральные модификаторы как фактор, повышающий долговечность железобетонных конструкций // Бетон и железобетон. 2014. № 3. С. 16–21.

6. *Mideiros-Junior Ronaldo A.* Service life of concrete structures considering the effects of temperature and relative humidity on chloride transport / A. Mideiros-Junior Ronaldo, G. Lima Maryagela, H. F Mideiros Marcelo // Environment Dev. Sustainability. 2015. Vol. 17, № 5. Pp. 1103-1119.

А. В. Гырдымова, студент

А. В. Кочурова, студент

E-mail: kochurova.anya@bk.ru

У. А. Мерзлякова, студент

Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

Интеграционные связи применения бережливой логистики как проявление эффекта синергии

В статье ставится задача рассмотреть эффект слияния бережливого производства и логистики. Особое внимание обращается на основные принципы бережливой логистики, целью которых является совершенствование логистических процессов в системе поставок. В результате получен положительный синергетический эффект, заключающийся в использовании концепции бережливой логистики как инструмента в достижении главной цели: удовлетворение потребностей потребителей с максимальными выгодами для предприятия.

Ключевые слова: логистика, бережливое производство, бережливая логистика, синергетический эффект.

Люди очень неохотно идут на перемены, это известный факт, и на протяжении веков он сопровождал развитие промышленности. Но перемены – это часть эволюции, и они делают вещи лучше. Организации стремятся преодолеть этот страх перемен и внедрить инновационные методы.

Термин «логистика» появился относительно недавно, поэтому нет единого общепринятого определения данного понятия. Авторами дается около двадцати определений. Дословный перевод слова с греческого тонко отображает сущность понятия – «искусство подсчетов».

В. А. Шумаев [1] говорит, что логистика – это теория и практика управления материальными и связанными с ними информационными потоками.

Более развернутое определение с точки зрения экономики дается Е. В. Пустынниковой [2].

Логистика – это экономическая дисциплина, которая направлена на изучение особенностей снабжения, транспортировок, поставок, контроля над всеми процессами, связанными с перевозками, и управление ими.

Снабжение потребителя продукцией в необходимое время и в определенном месте при минимальных затратах на осуществление логистических операций и применяемых производственных ресурсов является главной целью логистики [3]. Управление логистикой выступает в качестве ключевого компонента в любом бизнесе, производстве или производственной настройке.

Логистика начала формироваться в то время, когда производители осознали, что нерациональные транспортные расходы крайне отрицательно сказываются на деятельности компании, снижая ее рентабельность [4].

Для того чтобы минимизировать влияние неразумного использования ресурсов, можно воспользоваться концепцией бережливого производства.

Джеймс П. Вумек и Даниел Т. Джонс [5] говорят, что бережливое производство – это концепция управления производственным предприятием, базирующаяся на постоянном стремлении к устранению всех видов потерь и оптимизации не только производственных процессов, но и всей деятельности компании.

Особенностью бережливого производства является то, что оно учитывает переизбыток ресурсов, а также неравномерность рабочей нагрузки по потоку создания ценности. Бережливое производство нацелено на обеспечение равномерного распределения труда или компенсацию затрат рабочего времени, а также на то, чтобы производство не тратило впустую ни один из основных бизнес-факторов: качество, время, стоимость и ресурсы.

В данной концепции выделяют семь видов потерь, и четыре из них можно с уверенностью отнести к логистике.

Термин «бережливая логистика» появился в то время, когда к изучению сферы производства продукции стали подходить с точки зрения устранения всех видов потерь. Согласно определению, данному Ч. Марчвински и Д. Шука [6], бережливая логистика – это вытягивающая система, включающая в себя все организации в потоке создания ценности для конечного покупателя.

Она рассматривает сокращение отходов, которые создаются на всех контрольно-пропускных пунктах по всей цепочке поставок, и использует концепции бережливого производства для устранения этих отходов под четким контролем и усилиями по совершенствованию.

Каждый шаг направлен на качественное разделение процессов на добавляющие и не добавляющие стоимость в рамках цепочки поставок. Во всей цепочке каждая деталь является своеобразной и чрезвычайно важной. Будь то небольшая операция печати или даже маркировка на коробке, каждая деталь должна быть тщательно рассмотрена, для того чтобы выявить все недостатки процесса.

Внедрение «бережливой логистики» является одним из лучших методов для сокращения отходов и уменьшения общей стоимости операций. Благодаря тому, что цепочка поставок рассматривается в мельчайших подробностях, можно будет сократить расходы, а также повысить производительность. Ниже представлены наиболее распространенные области, в которых присутствуют нерациональные расходы:

1) инвентаризация – контроль запасов организациями для удержания их в минимальном количестве на протяжении определенного времени. Это позволит сократить расходы на хранение и риск повреждений товаров;

2) складирование – необходимо минимизировать складскую площадь за счет увеличения сквозных поставок;

3) транспортировка – зачастую предприятия не акцентируют на этом внимание, но лишняя транспортировка является одной из семи видов потерь в концепции бережливого производства, поэтому необходимо максимально сокращать расходы на транспортировку;

4) персонал – компания должна быть готова переобучить людей на новую профессию и в случае необходимости распределить и перенаправить в другой отдел.

Помимо цепочки поставок большое внимание в логистической технологии бережливого производства уделяется обслуживанию и ремонту технологического оснащения с целью поддержания его в состоянии непрерывной готов-

ности, практического сокращения отказов, улучшения качества технического обслуживания и ремонта [7].

В результате соблюдения данной политики можно прийти к следующему эффекту: ускорение товарных потоков, снижение затрат, сокращение запасов, удовлетворение клиента, увеличение объема продаж, отслеживание реализации товара в реальном времени, усиление контроля над цепочкой поставок, улучшение конкурентоспособности.

Исходя из проведенного анализа видно, что «бережливая логистика» схожа с понятием «синергетический эффект». Авторы статей [8, 9] в своих работах рассматривают модели расчета синергии и ее практическое применение. Причем синергический эффект был рассмотрен как взаимодействие математической модели и был реализован с помощью нейронной сети [9].

Для создания синергизма [10] на предприятии необходимо воспользоваться большим количеством инструментов управления качеством. Как известно, любой показатель должен иметь свои собственные критерии. В качестве подобного критерия автор работы [11] предлагает трудоемкость изготовления продукции, ее металлоемкость, себестоимость, при последующей их работе и взаимодействии будет получен синергетический эффект, который в дальнейшем положительно отразится на работе всего предприятия.

Тем не менее, при внедрении принципов бережливой логистики важно понимать, что, основанная на японском производственном методе, она получила концепцию бережливого мышления и включила ее в механизм цепочки поставок, чтобы извлечь выгоду. При минимальных ресурсах и сроках, предоставленных производственным подразделениям, а также в дальнейшем для внутренней и внешней логистики, бережливое мышление позволит устранить значительные расходы, открывая лучшие варианты для тех случаев, когда в ситуации с ограниченными ресурсами/временем происходит сжатие.

Бережливое мышление предполагает культуру достижения совершенства путем постоянной проверки и измерения расходов по всей цепочке поставок и развертывания путей и средств их сокращения и, в конечном счете,

полного устранения, таким образом, восстанавливая полную стоимость продукта.

Чтобы полностью реализовать «бережливую логистику», бережливое мышление должно быть основной частью вашего планирования, реализации и контроля этапов. На каждом этапе необходимо подумать о принятии технологических решений в направлении бережливого производства. Организации, которые используют бережливое мышление в своих рабочих процессах цепочки поставок, заметили значительные выгоды, полученные от использования данной концепции.

Таким образом, концепция бережливой логистики предусматривает планирование, внедрение, мониторинг и контроль для улучшения темпов потока продуктов и товаров. Это позволяет предприятиям достичь главной цели – удовлетворение потребностей потребителей с максимальными выгодами для предприятия.

Способы бережливого производства требуют четкого мыслительного процесса, причем не только со стороны менеджера, который руководит всей реализацией, но и со стороны членов команды, которые управляют оборудованием и управляют процессом, однако внедрение бережливого производства в логистические процессы позволит сократить не только время на поставку, но и автоматизировать многие действия и операции. Следовательно, сочетание бережливого производства и логистики дает положительный синергетический эффект.

Список литературы

1. *Шумаев, В. А.* Основы логистики. М. : Юридический институт МИИТ, 2016. 314 с.
2. *Пустынникова, Е. В.* Бизнес логистика : учеб. пособие. Ульяновск : УлГУ, 2016. 314 с.
3. Цели и задачи логистики. URL: <https://znaytovar.ru/new2735.html> (дата обращения: 11.11.2019).
4. Финансовый журнал про бизнес, деньги и инвестиции. URL: <https://feelwave.ru/> (дата обращения: 11.11.2019).

5. Вумек, Джеймс П. Бережливое производство. Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании / Джеймс П. Вумек, Даниел Т. Джонс. М. : Альпина Паблишер, 2014. 472 с.

6. Иллюстрированный глоссарий по бережливому производству / под ред. Чета Марчвински и Джона Шука. М. : Альпина Бизнес Букс : CBSD (Центр развития деловых навыков), 2005. 123 с.

7. Сергеев, В. И. Корпоративная логистика. 300 ответов на вопросы профессионалов / под общ. и науч. ред. проф. В. И. Сергеева. М. : ИНФРА-М, 2005. 976 с.

8. Данилова, А. А. Интеграционные связи выпуска навигационных стелек как проявление эффекта синергизма / А. А. Данилова, А. И. Яковлева // Интеллектуальные системы в производстве. 2018. Т. 16, № 2. С. 56–61.

9. Клековкин, В. С. Исследование модели расчета синергии / В. С. Клековкин, А. А. Данилова // Интеллектуальные системы в производстве. 2016. № 1 (28). С. 7–11.

10. Данилова, А. А. Премии качества как инструмент обеспечения синергизма системы менеджмента качества (СМК) // А. А. Данилова, В. С. Клековкин // Выставка инноваций – 2014 (осенняя сессия) : сб. тез. докл. XVIII Респ. выставки-сессии студенческих инновационных проектов : электрон. науч. изд. 2014. С. 17–19.

11. Данилова, А. А. О разработке обобщенного синергетического показателя производственных систем / А. А. Данилова, А. Н. Домбрачев // Интеллектуальные системы в производстве. 2018. Т. 16, № 4. С. 82–89.

К. С. Ефремов, аспирант
E-mail: efremofk@yandex.ru;
Н. А. Ворожцова, аспирант
E-mail: n.vorozh@mail.ru

Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

Применение оптимальных траекторий для управления колесным мобильным роботом при помощи искусственной нейронной сети

Работа посвящена разработке нейросетевой системы управления колесным роботом. Предложен алгоритм обучения искусственной нейронной сети и формирования обучающих выборок. Выборки формируются на основе моделирования уравнений движения многозвенного колесного робота, обеспечивающих его движение по траекториям в виде эластик Эйлера, способствующих минимизации управления.

Ключевые слова: искусственная нейронная сеть, база знаний, интеллектуальная система, эластика Эйлера, мобильный робот.

В настоящее время планирование оптимального пути, как правило, связано с анализом множества вариантов траекторий и выбором решения, удовлетворяющего заданным критериям. Кроме этого, окружающая обстановка, в которой функционирует робот, может изменяться, например, на пути следования может появиться препятствие, другой робот или человек, что требует от системы управления мгновенных реакций – изменения траектории движения и при этом выполнения ранее выданного задания. Для решения подобных задач активно и широко развиваются направления исследований, посвященные применению искусственных нейронных сетей (ИНС) в системах управления мобильными роботами. Например, в работах [1, 2] для решения задачи определения объектов и автоматизации схвата применена глубокая сверточная нейронная сеть на реальных прототипах манипуляторов. В работе [3] применена вейвлет-

нейронная сеть для решения задачи навигации робота в среде с препятствиями. Представлены результаты численных экспериментов в среде Matlab. В других работах используются следующие комбинации входов-выходов для ИНС:

- вход – 17 нейронов (скорость, направления вращения колес, расстояния с дальномеров), выход – 4 нейрона (новые скорости колес) [4];
- вход – 19 нейронов (присутствие объекта в конкретном секторе), выход – 5 нейронов (выбор маневра) [5];
- вход – 3 нейрона (разница между координатами, текущими и целевыми, ошибка угла), выход – 2 нейрона (рулевое управление и информация о достижении пункта назначения) [6];
- вход – 7 нейронов (угол до ближайшего ориентира, RGB-цветовые ориентиры и сами ориентиры), выход – 2 нейрона (скорости для левого и правого колес) [7].

В работах [4–7] используется многослойный персептрон с разными алгоритмами обучения, либо авторы работ используют комбинированные структуры нейронных сетей.

Результаты, представленные в данных работах, позволяют сделать вывод о том, что для задач управления вопрос выбора архитектуры сети решается набором сенсоров и приводов, установленных на роботе. В данной работе предлагается использовать в качестве входных параметров нейросетевой системы управления мобильным роботом данные с лидара, а в качестве выходных параметров – параметры траектории, соответствующей оптимальной, а именно обеспечивающей минимизацию рулевых воздействий, согласно работе [8]. Рассмотрены примеры использования оптимальных траекторий для обучения рекуррентной нейронной сети с помощью алгоритма обратного распространения ошибки.

Для реализации данного движения разрабатываемым мобильным роботом предлагается использовать систему управления, представленную на рис. 1.

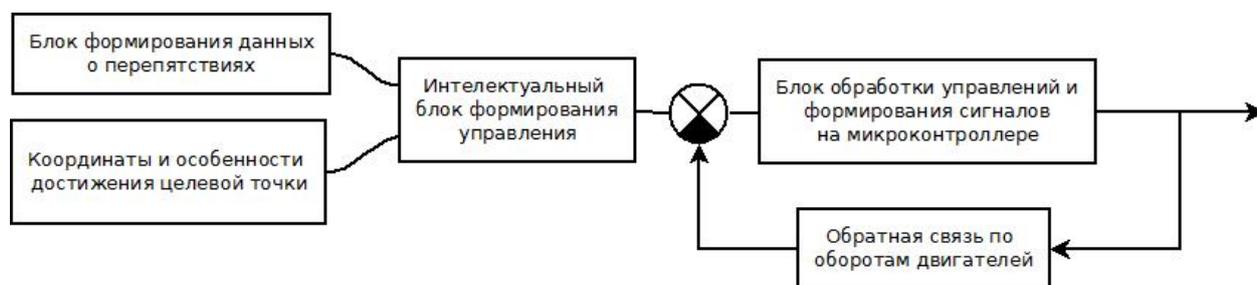


Рис. 1. Обобщенная структурная схема системы управления

Блок формирования данных о препятствиях предназначен для обработки данных, поступающих с лидара в операбельный вид – 360 расстояний в диапазоне от 15 до 600 (см). Работа блока «Координаты и особенности достижения целевой точки» заключается в передаче блоку интеллектуального формирования управления координат точки назначения и угла ориентации робота в этой точке. Блок интеллектуального формирования управления представляет собой нейросетевую систему обработки данных, на входы которой поступают данные о препятствиях, точке назначения и угле ориентации с предыдущих блоков. Блок обработки управлений и формирования сигналов на микроконтроллере представляет собой управляющую программу, реализующую П-регулятор, которая на основании угловых и линейных скоростей для приводов, сформированных ранее в интеллектуальном блоке, формирует управления для соответствующих двигателей и корректирует их на основании данных, получаемых по обратной связи с энкодеров.

Нейросетевая система управления мобильным роботом разделена на две подсистемы. Первая искусственная нейронная сеть (ИНС) по данным с лидара распознает препятствие как круглый объект с радиусом и центром. Вторая ИНС, согласно принятым с первой ИНС данным, формирует параметры оптимальной траектории. Критерием оптимальности служит минимизация квадрата кривизны [8]:

$$u_E^2(s)ds \rightarrow \min .$$

Управляющее воздействие для инфлекссионных эластик определяется выражением

$$u_E^2(s) = \frac{8kK}{\sigma} \operatorname{cn} \left(4K \left(p_e + \frac{s}{\sigma} \right); k \right),$$

где $k = k_0$ – параметр, определяющий форму элаستيку; σ – длина полного периода элаستيку; p_e определяет начальную точку элаستيку; u_E соответствует кривизне кривой s .

В табл. 1 приведены типовые значения входных и выходных значений ИНС, которые необходимы для построения траекторий в виде эластик Эйлера: k_0, l, p_e, L , которые соответствуют подаваемым на вход координатам точки назначения $(x; y)$ и углу ориентации робота в этой точке.

Входные и выходные параметры для обучения ИНС

Входы			Выходы				
X	Y	угол	k_0	l	p_e	L	Вид (эласт.)
0,85	0,45	0,19	0,300000	1,133333	0,633333	1,066667	1
0,85	0,45	-0,11	0,300000	1,133333	0,866667	1,066667	1

После обучения выборок был проведен эксперимент, в рамках которого на микроконтроллер управления роботом посредством Bluetooth передаются данные: координаты точки назначения и угол ориентации в этой точке. В результате робот проезжает траекторию, которую считает наиболее оптимальной в данной ситуации. Траектория фиксируется с помощью камер захвата движения «Vicon». В рамках эксперимента в области движения робота нет объектов, находящихся на пути следования робота. Результаты натурального эксперимента представлены на рис. 2.

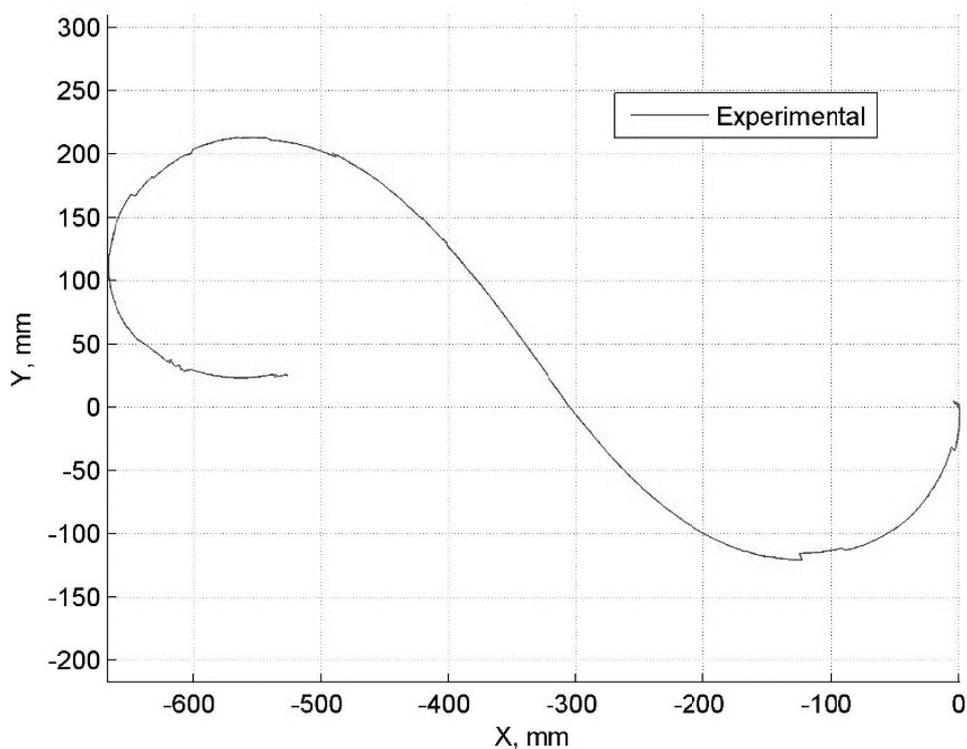


Рис. 2. Траектория натурального эксперимента № 1

Для проведения натурального эксперимента № 1 (рис. 2) на выходе ИНС были получены: $k_0 = 0,967$, $l = 1,867$, $p_e = 0,5$, $L = 1,133$. При входных данных: $X = -0,12$; $Y = -0,5$; угол = 1,88.

Обучение движению мобильного колесного робота по заранее подготовленным траекториям в виде эластик Эйлера позволит обеспечить оптимальность управления, сократить время на обучение по сравнению с обучением на основе только экспериментальных данных. В дальнейшем предполагается увеличить базу обучающих выборок, обучить ANN большему количеству траекторий и проверить работоспособность ее управления. Также планируется дополнить ANN с учетом возможности объезда динамических препятствий.

Список литературы

1. *Levine S., Pastor P., Krizhevsky A., Ibarz J.* "Learning hand-eye coordination for robotic grasping with deep learning and large-scale data collection", *The Int. Journal of Robotics Research*, vol. 37, no. 4-5, pp. 421-436, 2018.

2. *Mahler, J., Liang, J., Niyaz, S., Laskey, M., Doan, R., Liu, X., ... Goldberg, K. (2017). Dex-net 2.0: Deep learning to plan robust grasps with synthetic point clouds and analytic grasp metrics. arXiv preprint arXiv:1703.09312.*
3. *Panigrahi, P. K., Ghosh, S., Parhi, D. R. (2015). Navigation of autonomous mobile robot using different activation functions of wavelet neural network. ArchivesofControlSciences, 25(1), 21-34.*
4. *Муратов, С. Т. Нейроэволюционный синтез контроллера мобильного робота в задаче генерации последовательностей действий / С. Т. Муратов, К. В. Лахман, М. С. Бурцев // Нейроинформатика–2014 : сб. науч. тр. Всерос. науч.-техн. конф. М., 2014.*
5. *Zimmerman T. A. Neural Network Based Obstacle Avoidance Using Simulated Sensor Data // ASEE 2014 Zone I Conference, April 3-5, 2014, University of Bridgeport, Bridgeport, CT, USA.*
6. *Юдинцев, Б. С. Модификация нейросетевой системы планирования траекторий: методики и результаты / Б. С. Юдинцев, О. В. Даринцев // Фундаментальные исследования. 2014. № 11 (ч. 12).*
7. *Genci Capi, Kenji Doya. Развитие рекуррентных нейронных контроллеров для последовательных задач: параллельная реализация // Конференция: Эволюционные вычисления – 2003. ЦИК '03. Конгресс 2003 г. Т. 1.*
8. *Ардентов, А. А. Решение задачи Эйлера об эластичах / А. А. Ардентов, Ю. Л. Сачков // Автоматика и телемеханика. 2009. Вып. 4. С. 78–88.*

Ю. Л. Караваев, кандидат физико-математических наук, доцент

В. А. Шестаков, аспирант

E-mail: slafik9526@gmail.com;

А. А. Калинин, кандидат технических наук, доцент

А. В. Богатырев, младший научный сотрудник

Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

Грузоподъемная высокоманевренная мобильная платформа с омниколесами

Согласно современным тенденциям развития производства существует необходимость в разработке высокоманевренных транспортных мобильных систем. Рассмотрены примеры уже существующих транспортных мобильных платформ, проведено их сравнение с предлагаемым решением. Представлены изображения разработанных ранее прототипов высокоманевренного мобильного робота и предлагаемой конструкции грузоподъемного транспортного мобильного робота.

Ключевые слова: мобильный омниколесный робот, транспортная мобильная платформа, грузоподъемный робот, транспортировка груза, всенаправленное движение.

Необходимость повышения производительности труда всегда является актуальной задачей в сфере производства. Автоматизация производства приводит к значительному повышению его эффективности. Повышение уровня автоматизации внутренней логистики предприятия является одним из основных мероприятий, связанных с повышением уровня автоматизации производства в целом.

На текущий момент процесс транспортировки заготовок и деталей в условиях производственных и складских помещений можно представить в трех наиболее распространенных состояниях:

а) ручная транспортировка;

б) ручная транспортировка с помощью специальных транспортных средств (например, погрузчиков);

в) транспортировка с использованием конвейера.

Перечисленные выше способы транспортировки грузов обладают следующими недостатками:

– наличие человеческого фактора;

– высокая стоимость оборудования (погрузчики, конвейерные ленты), сложность перемещения в стесненных условиях;

– отсутствие возможности гибкой перенастройки под разные задачи (в случае конвейера).

Предлагаемым вариантом автоматизации процесса транспортировки является создание высокоманевренного мобильного транспортного робота. Применение транспортных роботов позволяет облегчить работу человека в условиях утомительных, повторяющихся, в некоторых случаях опасных задач. Автоматизированные и автоматические управляемые транспортные системы перемещения грузов могут быть применены практически во всех условиях производства: будь то перемещение материалов на производстве, логистические движения в складских помещениях либо транспортные платформы на потоковом производстве. Причиной широкого применения является возможность гибкой настройки под различные задачи.

Наиболее перспективной с точки зрения практического применения является конструкция омниколесного мобильного робота (ОМР). Данные роботы представляют собой мобильную платформу с колесами типа меканум. Используемый тип колес, в отличие от обычного, обеспечивает возможность всенаправленного движения (робот может перемещаться в любом направлении без изменения ориентации).

Для возможности взаимодействия с окружающей средой необходимо оснащение мобильного робота различными датчиками и системами навигации, что позволяет расширить функционал робота такими возможностями, как:

– защита от столкновений;

- построение карты окружающей местности для навигации робота;
- объединение в группы роботов.

Предлагаемое решение не является новинкой, и существуют примеры уже разработанных транспортных мобильных роботов: мобильный робот KUKA MobilePlatform (Германия), мобильные платформы компании Ronavi (Россия); транспортные роботы компании Waypoint (США), мобильные платформы различных китайских производителей.

Существенным недостатком представленных транспортных платформ является их высокая цена (от 10 тысяч долларов за голую платформу либо от 30 тысяч долларов за автономные устройства), а также почти полное отсутствие действующих отечественных аналогов.

Основным применением подобных мобильных роботов является использование их в качестве транспортных платформ, позволяющих автоматизировать транспортировку заготовок как в производственных, так и в складских помещениях.

В научно-учебной лаборатории «Мобильные системы» ИжГТУ имени М. Т. Калашникова разработаны лабораторные прототипы высокоманевренного мобильного робота. Фотографии прототипов представлены на рис. 1. Проведены теоретические и экспериментальные исследования движения мобильных роботов, разработаны алгоритмы и системы управления [1–3]. Представленные прототипы способны демонстрировать возможности высокоманевренного движения мобильного робота.

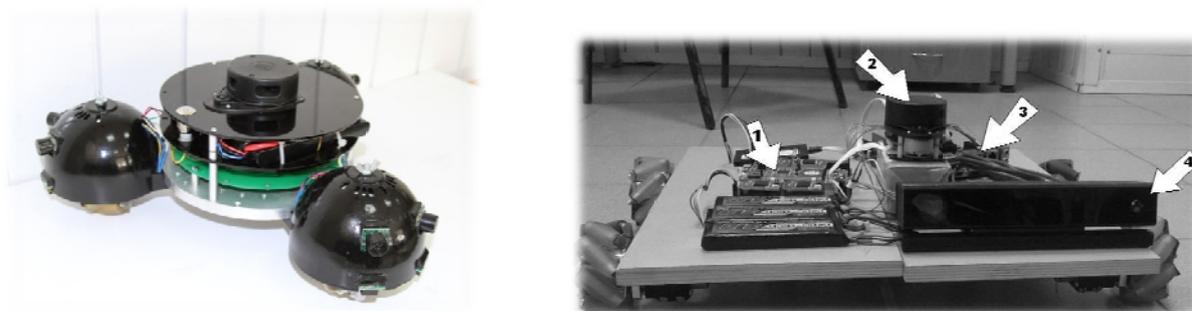


Рис. 1. Фотографии прототипов высокоманевренного мобильного робота

На данный момент ведется разработка грузоподъемной высокоманевренной транспортной мобильной платформы длиной 1,5 м, шириной 1 м, грузоподъемностью 600 кг с возможностью поднятия груза на высоту до 1 м и возможностью автономной работы. Трехмерная модель разработанной конструкции представлена на рис. 2.

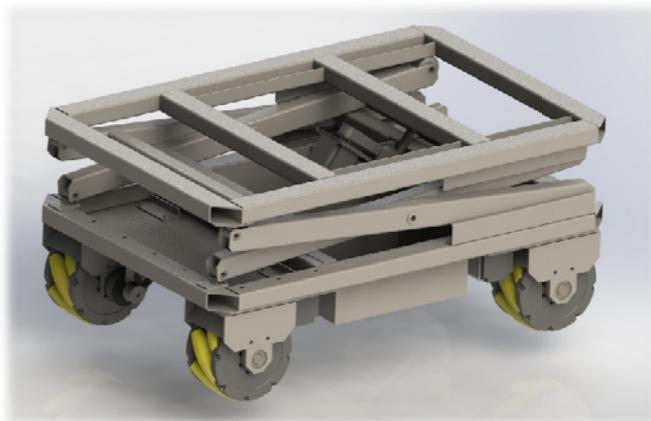


Рис. 2. Трехмерная модель грузоподъемной транспортной мобильной платформы с омниколесами

Список литературы

1. *Борисов, А. В.* Тележка с омниколесами на плоскости и сфере / А. В. Борисов, А. А. Килин, И. С. Мамаев // *Нелинейная динамика*. 2011. Т. 7, № 4. С. 785–801.
2. *Караваяев, Ю. Л.* Дискретный алгоритм управления по отклонению мобильным роботом с омниколесами / Ю. Л. Караваяев, С. А. Трефилов // *Нелинейная динамика*. 2013. Т. 9, № 1. С. 91–100.
3. *Kilin A, Bozek P, KaravaevYury, Klekovkin A, Shestakov V.* Experimental investigations of a highly maneuverable mobile omniwheel robot (2017) // *International Journal of Advanced Robotic Systems*, vol. 14, no. 6, pp. 1-9. DOI:10.1177/1729881417744570.

К. Ю. Красноперов, бакалавр

E-mail: kostya31539@yandex.ru

Г. И. Ильязова, бакалавр

И. А. Кайсина, аспирант

А. В. Абилов, доцент

Д. С. Васильев, доцент

Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

Выбор стохастического процесса как модели трафика для передачи потоковых данных со множества источников

В статье рассматриваются стохастические процессы, применимые к трафику в различных сетях при однопоточковой и многопоточковой передаче данных. Приведены основные формулы для расчета параметров, с помощью которых моделируется поведение процесса. Сделан вывод, что пакетный процесс Пуассона – Парето является наиболее подходящим для описания процесса передачи потоковых данных со множества источников.

Ключевые слова: математические модели, пуассоновский процесс, авторегрессионный гауссовский процесс, экспоненциальный авторегрессионный процесс, пуассоновский процесс, управляемый марковской цепью, пакетный процесс Пуассона – Парето.

Введение

Моделирование трафика является простым средством для определения нагрузки сети. Оно позволяет оценить производительность сети и на основании полученных данных эффективно подготовить сетевые ресурсы. Моделирование основано на поиске стохастического процесса, который соответствовал бы реальному трафику с точки зрения его воздействия на производительность сети и обеспечения качества обслуживания клиентов [1].

Выбор параметров

Стохастический процесс выбирается так, чтобы его статистические характеристики соответствовали характеристикам реального трафика. Модель трафика рассматривается как стационарный случайный процесс с аналогичными статистическими характеристиками (такими же, как у реального трафика). Также процесс является дискретным по времени $\{X_n; n \geq 0\}$ в случае, если время разделено на последовательные интервалы с фиксированной длиной, учитывается число поступивших пакетов в течение каждого временного интервала. Тогда X_n – случайная величина, равная количеству пакетов, поступающих в n -м интервале, а S_n – случайная величина, равная количеству поступающих пакетов за n последовательных интервалов. Соответствие модели $\{X_n; n \geq 0\}$ поведению реального трафика производится за счет таких параметров, как: $M[X_n]$ – математическое ожидание (среднее значение); $D[X_n]$ – дисперсия; $\gamma(\tau) = Cov(X_1, X_k)$ – коэффициент автоковариации; AVR – асимптотическая дисперсия (Asymptotic Variance Rate). $AVR = M[X_n] \times IDC$, где IDC (Index of Dispersion for Counts – индекс дисперсии для интервалов) [2, 3].

Случайный стационарный процесс $\{X_n; n \geq 0\}$, где автокорреляционная функция затухает медленнее, чем экспоненциальная [4], называется долговременной зависимостью (LRD – Long Range Dependent). Это означает, что автокорреляционная функция самоподобного случайного процесса медленно (гиперболически) убывает во времени [5]. Если сумма автоковариации $\sum_{k=1}^{\infty} Cov(X_1, X_k)$ бесконечна, автокорреляционная функция должна затухать медленнее, чем экспоненциальная, поэтому процесс является долгосрочно зависимым. Такие процессы не являются конечными, поэтому использование параметра AVR или IDC нецелесообразно, в этом случае используется величина IDC , зависящая от времени и равная $IDC(n) = D[S_n]/M[X_n]$.

Для процессов с долговременной зависимостью также используется показатель Херста (H) в диапазоне $[0; 1)$, который отвечает тождеству:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{D[S_n]}{\alpha n^{2H}} = 1, \quad (1)$$

где α – любое вещественное положительное число; S_n – число поступающих пакетов за n последовательных интервалов.

Далее описаны стохастические процессы, используемые для моделирования трафика.

Пуассоновский процесс

Традиционной моделью сетевого трафика можно считать простейший пуассоновский процесс. Важной особенностью моделирования сетевого трафика с помощью процесса пуассона является подбор малого количества параметров, а именно интенсивность числа вхождений λ . Считаем, что λt – это среднее значение интенсивности, а также дисперсия числа вхождений в течение любого временного интервала t .

Процесс Пуассона стал важной частью определения размеров телефонных сетей и их проектирования, поскольку:

- описывается одним параметром;
- поддается анализу, так как обладает свойством отсутствия памяти.

Однако пуассоновский процесс не может в точности моделировать поток пакетов (трафик) от небольшого количества пользователей [6]. Но он способен точно моделировать события, порождаемые большим количеством источников, каждый из которых генерирует редко расположенные события. Примером таких событий могут быть телефонные звонки [7].

Авторегрессионный гауссовский процесс

При рассмотрении трафика на основе гауссовского процесса объем трафика, генерируемый в течение любого интервала времени, описывается с помощью распределения Гаусса. Гауссовский процесс может быть представлен с помощью процесса авторегрессии [1]. Определим, что случайный процесс

дискретен по времени [8]. Пусть X_n – непрерывная случайная величина, представляющая объем трафика, поступающего в систему в течение n -го интервала, при этом время разделено на интервалы фиксированной длины.

Предположим, что гауссовский процесс и процесс авторегрессии связаны и что X_n , $n = 1, 2, \dots$ – это процесс авторегрессии k -го порядка, определяемый как

$$X_n = a_1 X_{n-1} + a_2 X_{n-2} + \dots + a_k X_{n-k} + b \tilde{X}_n, \quad (2)$$

где \tilde{X}_n – последовательность независимых одинаково распределенных гауссовских случайных величин, каждая из которых имеет среднее значение η и дисперсию 1, а a_i ($i = 1, 2, \dots, k$) и b – действительные числа с $|a| < 1$.

Чтобы охарактеризовать реальный трафик, нужно найти наиболее подходящие значения параметров a_1, \dots, a_k, b и η . Для гауссовского процесса примечательно то, что хватает трех параметров [9] для оценки производительности обслуживания без сильных потерь в точности. Облегченным вариантом подбора многих параметров является процесс авторегрессии 1-го порядка AR(1) (AR – Autoregressive). Предполагается, что процесс AR(1) имитирует поток трафика от одного источника видеотелефонии [10]. В этом случае процесс X_n задается как

$$X_n = a X_{n-1} + b \tilde{X}_n, \quad (3)$$

где \tilde{X}_n – последовательность независимых одинаково распределенных гауссовских случайных величин, каждая из которых имеет среднее значение η и дисперсию 1, а a_i ($i = 1, 2, \dots, k$) и b – действительные числа с $|a| < 1$. Пусть $\lambda = M[X_n]$ и $\sigma^2 = D[X_n]$.

Авторегрессионный гауссовский процесс считает возможным получение отрицательных значений. Но это не препятствует моделированию сетевого трафика [11].

Подбор параметров a , b и η с измеримыми параметрами процесса λ , σ^2 и S обеспечиваются на основе [9]:

$$a = \frac{S}{S + \sigma^2}, \quad (4)$$

$$b = \sigma^2(1 - a^2), \quad (5)$$

$$\eta = \frac{(1 - a)\lambda}{b}, \quad (6)$$

где S – сумма автоковариации, заданная уравнением

$$S = \sum_{i=1}^{\infty} U(i). \quad (7)$$

Экспоненциальный авторегрессионный процесс

Пусть D_n – последовательность временных интервалов. Рассмотрим другой авторегрессионный процесс, который называется экспоненциальной авторегрессией (EAR – Exponential Autoregressive) и определяется следующим образом:

$$D_n = aD_{n-1} + I_n E_n, \quad (8)$$

где $D_0 = I$, $\{I_n\}$ является последовательностью случайных переменных, независимых и одинаково распределенных (IID – Independent and Identically Distributed), в которой $P(I_n = 1) = 1 - a$, $P(I_n = 0) = a$ и $\{E_n\}$ – последовательность экспоненциальных случайных переменных IID с параметром λ .

Экспоненциальная авторегрессия обладает полезными свойствами. Процесс $\{D_n\}$ – последовательность экспоненциальных случайных величин с параметром λ . В случае, когда $a = 0$, эти переменные независимы и одинаково распределены, а $\{D_n\}$ является последовательностью временных интервалов пуас-

соновского процесса. Автокорреляционная функция $\{D_n\}$ определяется следующим образом:

$$C_{EAR1}(k) = a^k. \quad (9)$$

Для имитации процесса $\{D_n\}$ необходимо продемонстрировать путем моделирования взаимосвязь между корреляцией во входящем процессе и производительностью очереди.

Пуассоновский процесс, управляемый марковской цепью (MMPP – Markov Modulated Poisson Process)

Пуассоновский процесс, управляемый марковской цепью (MMPP), является сдвоенным стохастическим пуассоновским процессом с частотой поступлений, зависящей от фаз (состояний). При этом фазы составляют цепь Маркова непрерывного времени [12]. Также пуассоновский процесс, управляемый марковской цепью, может быть построен путем изменения скорости прибытия пуассоновского процесса в соответствии с неприводимой цепью Маркова с непрерывным временем в m -состоянии, которая не зависит от процесса прибытия [13]. Когда цепь Маркова находится в состоянии i , прибытие происходит согласно пуассоновскому процессу со скоростью λ_i [14]. Пуассоновский процесс, управляемый марковской цепью, параметризован цепью Маркова с непрерывным временем в m -состоянии с матрицей характеристик Q и скоростями прибытия процесса Пуассона m порядка $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m$ [15]. Используются следующие обозначения:

$$Q = \begin{bmatrix} -\sigma_1 & \sigma_{12} & \dots & \sigma_{1m} \\ \sigma_{21} & \sigma_2 & \dots & \sigma_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sigma_{m1} & \sigma_{m2} & \dots & -\sigma_m \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$\sigma_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^m \sigma_{ij},$$

$$\Lambda = \text{diag}(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m), \quad (11)$$

$$\lambda = \text{diag}(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m)^T. \quad (12)$$

Предположим, что ММРР является однородным, то есть Q и Λ не зависят от времени t . Вектор стационарных состояний цепи Маркова равен π так, что:

$$\pi Q = 0, \quad \pi e = 1, \quad (13)$$

где $e = (1, 1, \dots, 1)^T$ – длина вектора столбца m .

Модели трафика на основе ММРР использовались для моделирования пакетного трафика. Благодаря своей марковской структуре и универсальности, ММРР может собирать статистические данные о трафике лучше, чем процесс Пуассона и, одновременно с этим, может использоваться для анализа очередей.

Пакетный процесс Пуассона – Парето (PPBP – Poisson Pareto Burst Process)

В отличие от предыдущих моделей, пакетный процесс Пуассона – Парето (PPBP) обладает памятью и характеризуется долгосрочной зависимостью (LRD – Long Range Dependent). Было предположено, что PPBP – это более реалистичная модель интернет-трафика, в сравнении с его предшественниками. На основании этой модели пакеты данных (файлы) генерируются в соответствии с процессом Пуассона с параметром λ . Размер любого из этих пакетов имеет распределение Парето, и каждый из них передается со скоростью v . В произвольный момент времени мы можем иметь любое количество источников, одновременно передающих пакеты данных со скоростью v . Согласно модели, при ряде активных источников новые также могут начинать передачу данных. Следовательно, если одновременно активно m источников, то общая скорость равна mv [16].

Пусть X_n – непрерывная случайная величина, представляющая объем трафика, поступающего в систему в течение n -го интервала, время разделено на интервалы фиксированной длины. Предположим, что v – скорость, передаваемая одним источником при его активной работе в течение одного временного интервала [17, 18]. Предполагаем, что интенсивность λ – это количество передач в единичном временном интервале. Рассмотрим объем трафика в один временной интервал для нахождения среднего значения X_n процесса. Среднее значение объема трафика, сгенерированного за единичный промежуток времени, равно среднему значению объема трафика, переданного за единичный промежуток времени, то есть

$$M[X_n] = \frac{\lambda r}{\gamma - 1}. \quad (14)$$

Еще одно важное соотношение для этой модели трафика, которое представлено здесь без доказательств, это [15]:

$$\gamma = 3 - 2H, \quad (15)$$

где H – показатель Херста.

Имея два последних уравнения, мы можем согласовать общее среднее значение процесса ($M[X_n]$) и параметр Хёрста процесса с теми, которые измерены в реальном процессе, и генерировать трафик на основе модели M / Pareto / ∞ [1, 19].

Заключение

В статье были рассмотрены стохастические процессы, которые могут использоваться для моделирования трафика. Пуассоновский процесс применяется при описании процесса поступления запроса на обслуживание от большого числа независимых источников и не гарантирует точные результаты при запросах на обслуживание (поток пакетов) от одного или малого количества источ-

ников. Для случая с одним или несколькими источниками более подходящим вариантом является использование пуассоновского процесса, управляемого марковской цепью. Последний рассматриваемый процесс – пакетный процесс Пуассона – Парето, который наиболее подходит для описания интернет-трафика или систем со «всплесками». Можно сделать вывод, что для описания передачи потоковых данных со множества источников наиболее подходящим является пакетный процесс Пуассона – Парето.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-29-06076 мк.

Список литературы

1. *Zukerman, M.* Introduction to queueing theory and stochastic teletraffic models // arXiv preprint arXiv:1307.2968. 2013. Pp. 273-277. URL: <https://arxiv.org/abs/1307.2968> (дата обращения: 15.07.2019).
2. *Абилов, А. В.* Сети связи и системы коммутации. М. : Радио и связь, 2004. 288 с.
3. *Турбов, А. Ю.* Исследование распределения трафика в сетях SDN методом тензорного анализа / А. Ю. Турбов, Д. Ю. Пономарев // Инфокоммуникационные технологии и системы связи. 2016. С. 21.
4. *Басараб, М. А.* Анализ сетевого трафика корпоративной сети университета методами нелинейной динамики / М. А. Басараб, А. В. Колесников, И. П. Иванов // Машиностроение и компьютерные технологии. 2013. № 08. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-setevogo-trafika-korporativnoy-seti-universiteta-metodami-nelineynoy-dinamiki> (дата обращения: 17.07.2019).
5. *Кириченко, Л. О.* Исследование долгосрочной зависимости сетевого трафика методом R/S-анализа / Л. О. Кириченко, Т. А. Радвилова // Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. 2006. № 135. С. 1–5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-dolgosrochnoy-zavisimosti-setevogo-trafika-metodom-r-s-analiza> (дата обращения: 14.07.2019).
6. Математическая модель пакетного трафика / А. Г. Ложковский и др. // Вестник Нац. техн. ун-та «ХПИ» : сб. науч. тр. Темат. вып. : Новые решения в современных технологиях. Харьков : НТУ «ХПИ». 2011. № 9. С. 113–119.

7. Воробьев, О. В. Анализ моделей описания трафика / О. В. Воробьев, А. А. Можаяев, А. П. Осколков // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. 2014. № 2. С. 170–172.
8. Булинский, А. В. Теория случайных процессов / А. В. Булинский, А. Н. Ширяев. М. : Физматлит, 2005. 400 с.
9. Addie R. G., Zukerman M. Performance evaluation of a single server autoregressive queue // Australian Telecommunication Research. 1994. Vol. 28, no. 1. Pp. 25-32.
10. Maglaris B. et al. Performance models of statistical multiplexing in packet video communications // IEEE transactions on communications. 1988. Vol. 36, no. 7. Pp. 834-844.
11. Волотка, В. С. Подходы к моделированию самоподобного трафика / В. С. Волотка, А. И. Костромицкий // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2010. № 46. С. 46–49.
12. Костюковский, А. Г. Аппроксимация самоподобных потоков марковской модуляцией пуассоновского процесса // Редколлегия. С. 55–61. URL: <http://bsac.by/sites/default/files/content/landing/2017/70/files/10-23/zurnal-no-5.pdf#page=55>(дата обращения: 13.07.2019).
13. Добровольский, Е. В. Моделирование сетевого трафика с использованием контекстных методов / Е. В. Добровольский, О. Л. Нечипорук // Научные труды ОНАС им. А. С. Попова. 2005. № 1. С. 24–32.
14. Андреев, А. М. Модель трафика корпоративной телекоммуникационной сети с пакетной коммутацией в задаче кластеризации при условии ограниченного наблюдения / А. М. Андреев, С. В. Усовик // Инженерный журнал: наука и инновации. 2012. № 11. С. 133–152.
15. Fischer W., Meier-Hellstern K. The Markov-modulated Poisson process (MMPP) cookbook // Performance evaluation. 1993. Vol. 18, no. 2. Pp. 149-171. URL: <https://www.science-direct.com/science/article/pii/016653169390035S> (дата обращения: 16.07.2019).
16. Addie R. G., Neame T. D., Zukerman M. Performance analysis of a Poisson -Pareto queue over the full range of system parameters // Computer Networks. 2009. Vol. 53, no. 7. Pp. 1099-1113.
17. Addie R. G., Neame T. D., Zukerman M. Performance evaluation of a queue fed by a Poisson Pareto burst process // Computer Networks. 2002. Vol. 40, no. 3. Pp. 377-397.
18. Кайсина, И. А. Оценка влияния мультипоточковой передачи данных по модели Пуассона – Парето на метрику QoS для сети беспилотных летательных аппаратов в NS-3 / И. А. Кайсина, Д. С. Васильев, А. В. Абилов // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. 2019. Т. 22, №. 3. С. 56–62.
19. Самуйлов, К. Е. К анализу системы $M [X] | G | 1 | r$ с прогулками прибора / К. Е. Самуйлов, Э. С. Сопин // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия : Математика, информатика, физика. 2011. №. 1. С. 91-97.

А. Г. Нагимуллина, бакалавр

E-mail: aliya.nagimullina@yandex.ru

Г. Г. Нагимуллина, бакалавр

E-mail: guzaliya_nagimullina@mail.ru

А. А. Данилова, старший преподаватель

E-mail: aa_danilova@mail.ru

Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

Рекомендации по оснащению «умных остановок» автоматами по продаже проездных билетов

В статье предлагается внедрение на «умных остановках» городского транспорта автоматов по продаже проездных билетов. Приведен функционал автомата, его планируемый интерфейс, рассмотрены преимущества и недостатки, а также сделаны выводы об актуальности и необходимости оснащения городских остановок автоматами по продаже билетов.

Ключевые слова: билетный автомат (терминал), пассажиропоток, обслуживание пассажиров, автоматизация, остановочные комплексы.

Введение

В настоящее время проблема обслуживания населения городов в час пик приобрела серьезное значение, так как в праздничные дни, а также утренние и вечерние часы пиковых нагрузок на городских маршрутах превышает значение наполняемости салонов пассажирами. В связи с этим увеличивается нагрузка на систему городского пассажирского транспорта, снижается уровень и качество обслуживания и затрудняется сбор проездной платы. Для того чтобы повысить эффективность транспортного обслуживания населения и облегчить работу кондукторов, необходимо оснастить остановки автоматами по продаже проездных билетов.

В этом году в городе Ижевске был реализован проект по установке современных остановочных комплексов. «Умная остановка» оснащена видеокameraми, информационным табло, доступом к системе Wi-Fi, мультимедийным экраном и рядом других функций. Идея данного проекта – внедрить в систему «умной остановки» автомат по продаже проездных билетов.

На сегодняшний день многие сферы и отрасли внедряют автоматизированную систему управления, не исключение и городской транспорт, поэтому данная тема будет актуальна.

Аналоги

Анализ аналогов – важный этап, который формирует основу для начала работы над данной проблемой. Большое количество автоматов по продаже билетов уже установлено в Москве. На 2019 год их насчитывается около 180 штук. Данные автоматы имеют большое количество функций, что делает их более сложными в использовании. Москвичам приходится тратить больше времени на «знакомство» с автоматом и покупку билетов. Автоматы по продаже проездных билетов города Москвы представлены на рис. 1.

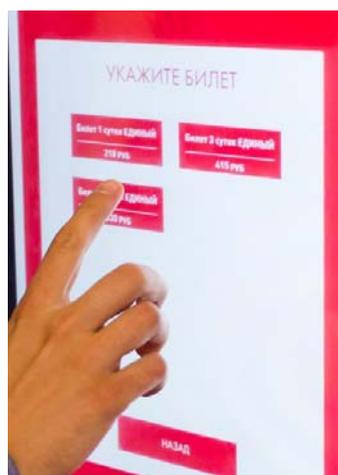


Рис. 1. Автоматы по продаже проездных билетов в Москве

Было принято решение учесть все недостатки аналогов и предложить альтернативный вариант автомата по продаже проездных билетов.

Принцип работы автомата по продаже билетов

Автомат для продажи билетов осуществляет работу по следующему принципу:

1. Пассажир при помощи сенсорного экрана выбирает нужный ему маршрут, на котором указано время прибытия транспорта к остановке.
2. Выбирает количество билетов.
3. Установленными способами в системе (наличными средствами, банковской картой) вносит деньги.
4. Процессор обрабатывает команду и после внесения платежа отправляет сигнал принтеру.
5. Принтер при помощи печатной матрицы подбирает нужный формат билета и наносит его на специальную бумагу.
6. Готовый билет появляется в лотке выдачи.

Помимо продажи проездных билетов данный автомат позволит пассажирам воспользоваться дополнительными функциями: совершить оплату наличными и всеми видами банковских карт; приобрести, пополнить и проверить состояние транспортной карты; выбрать нужный язык (русский и английский), для этого достаточно кликнуть на флаг соответствующей страны.

Интерфейс

С помощью простого, понятного и удобного интерфейса горожане смогут купить билеты на проезд с минимальным количеством нажатий на экран. Информация на экране будет доступна как на русском, так и на английском языках. Коммуникация с пользователем происходит на простом, понятном языке. Без лишних слов. На экране отображается время прибытия транспорта всех маршрутов, которые проходят через эту остановку. Оплатить услуги в автомате можно будет как наличными, так и банковскими картами. Также пассажиры смогут пополнить и приобрести транспортную карту. Примерный интерфейс автомата по продаже проездных билетов представлен на рис. 2.

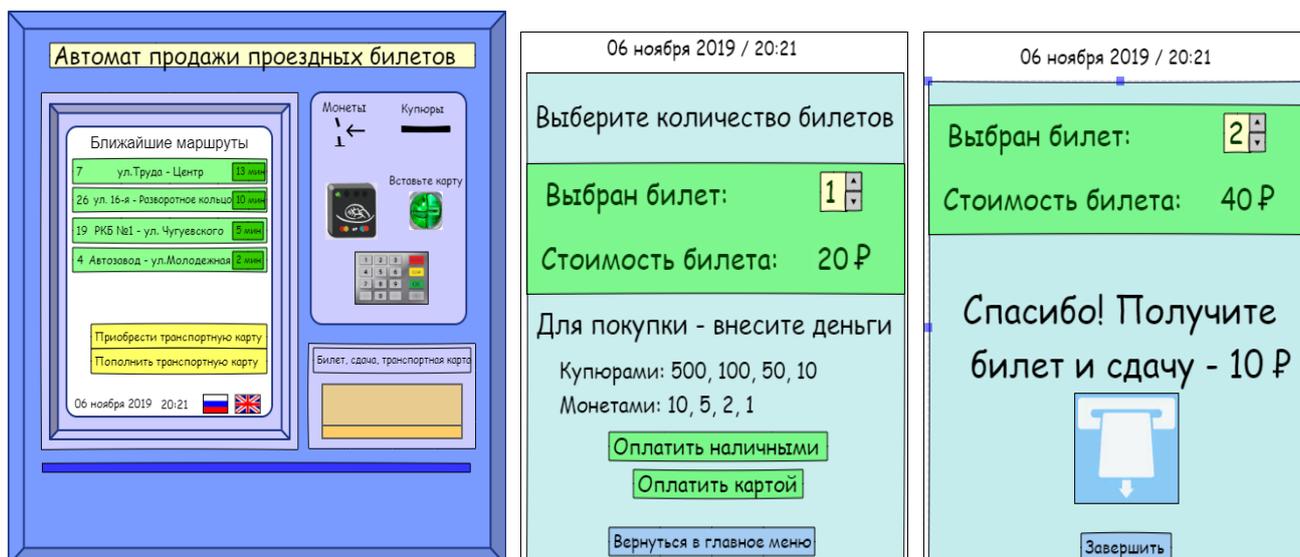


Рис. 2. Интерфейс автомата по продаже проездных билетов

Функциональные особенности автоматов по продаже билетов:

- автоматическая проверка подлинности купюр;
- возможность приема и выдачи сдачи купюрами и монетами;
- прием оплаты всеми типами банковских карт, включая бесконтактные платежи;
- продажа и пополнение транспортных карт;
- монитор с сенсорным экраном;
- переговорное устройство для вызова экстренных служб;
- видеонаблюдение;
- акустическая система [2].

Затраты и выгода

Стоит отметить невысокую цену оборудования. Ориентировочная стоимость автомата 100–150 тысяч рублей. При минимальных вложениях быстро окупается и практически не требует для работы человеческого вмешательства. Достаточно загрузить в систему необходимые форматы билетов и проверить уровень краски с бумагой. Срок окупаемости полностью зависит от пассажиров, которые будут приобретать билеты через автоматы [1].

Преимущества

- возможность круглосуточного графика работы;
- четкий учет выручки;
- увеличение скорости обслуживания пассажиропотока;
- оптимизация процессов обслуживания;
- снижение нагрузки на кондукторов;
- оснащенность автомата самыми необходимыми опциями;

Недостатки

- непредвиденные расходы, связанные с ремонтом оборудования;
- риск повреждения оборудования;
- периодическое обслуживание автоматов [2].

Заключение

В ходе проведенного исследования было выявлено, что внедрение автоматов по продаже билетов на городской транспорт в городе Ижевске приведет к повышению уровня сервиса и скорости обслуживания пассажиропотока. Должностным лицам больше не придется получать и сдавать билеты, составляя ежедневный отчет, ежемесячно сверять их количество и нести ответственность за сохранность, а клиентам – ждать, когда кондуктор отсчитает сдачу и выдаст билет.

Список литературы

1. *Рязанова, А. В.* Автоматизированные системы оплаты проезда на городском пассажирском транспорте [Электронный ресурс] : монография / науч. ред. П. П. Володькин. Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2018. 92 с. URL: <https://clck.ru/JpL4L> (дата обращения: 06.11.2019).
2. Автомат по продаже билетов на проезд [Электронный ресурс]. URL: https://kiosk-soft.ru/solutions/avtomat_po_prodazhe_biletov_na_proezd_ (дата обращения: 06.11.2019).

О. Л. Симченко, старший преподаватель

E-mail: simchenko.ol@yandex.ru

Е. Л. Чазов, аспирант

E-mail: elchazov@mail.ru

М. А. Кисляков, магистрант

E-mail: pgs@istu.ru

Н. К. Симаков, магистрант

E-mail: kafedra.pgs@mail.ru

Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

Дополнительное дистанционное образование как инструмент повышения конкурентоспособности цифрового университета

В процессе своего функционирования высшие учебные заведения сталкиваются с крупными преобразованиями в сторону цифровизации. Стремительно меняющиеся реалии устанавливают все более жесткие требования к университетам, их конкурентоспособности и, вследствие этого, необходимость внедрения и развития дополнительного дистанционного обучения. В этой связи концепция настоящей работы заключается в исследовании влияния дополнительного образования в дистанционной форме на конкурентоспособность цифрового университета.

Ключевые слова: цифровой университет, конкурентоспособность, индексная модель, дополнительное дистанционное образование, образовательная программа.

На современном этапе развития приоритетной задачей высших учебных заведений является повышение конкурентоспособности, поиск новых форм, механизмов и методов эффективного функционирования. При этом важнейшим инструментом обеспечения конкурентоспособности в будущем является изменение стратегической направленности в сторону новых и перспективных форм и методов образования, соответствующих потребностям личности, общества и государства в целом.

Анализ образовательной деятельности в стране показывает, что одним из главных векторов развития современных университетов в условиях цифровизации является внедрение в образовательную систему дистанционной формы обучения, позволяющей, с одной стороны, целенаправленно повышать уровень профессиональных компетенций обучающихся без отрыва от трудового процесса и места жительства при оптимальных денежных затратах, с другой стороны, представлять собой ключевую движущую силу и действенный инструмент достижения конкурентных позиций высшего учебного заведения.

Решение обозначенной проблемы невозможно без рассмотрения процесса формирования конкурентоспособности университета как сложной многокомпонентной экономической категории, а также дистанционного образования как неотъемлемого фактора ее повышения.

На сегодняшний день конкурентоспособность является одной из наиболее обобщающих характеристик, которая отражает текущую конкурентную позицию вуза и перспективы сохранения или улучшения ее положения на рынке образовательных услуг в будущем [1, 6].

При этом конкурентоспособность вуза в целом можно рассматривать как среднегеометрическое его текущей и перспективной конкурентоспособности:

$$I = \sqrt{I_{TK} \cdot I_{ПК}} . \quad (1)$$

Текущая конкурентоспособность университета есть величина достигнутая, а перспективная конкурентоспособность – это совокупность показателей и факторов, характеризующих его силу, источники, способности, ресурсы, потенциальные возможности с учетом поставленных стратегических целей.

Руководствуясь обозначенным определением понятия «конкурентоспособность», авторами разработана индексная модель оценки конкурентоспособности современного университета (табл. 1).

Таблица 1. Индексная модель оценки конкурентоспособности современного университета

Интегральный индекс конкурентоспособности $I = I_{TK} \cdot I_{ПК}$			
1. Индекс текущей конкурентоспособности $I_{TK} = \sqrt{I_{Эд} \cdot I_{ФУ}}$		2. Индекс перспективной конкурентоспособности $I_{ПК} = \sqrt{I_{П} \cdot I_{СР}}$	
1.1. Индекс эффективности деятельности $I_{Эд} = \sqrt[5]{I_{КО} \cdot I_{МД} \cdot I_{НД} \cdot I_{ФД} \cdot I_{ДК}}$		1.2. <u>Индекс финансовой устойчивости</u> $I_{ФУ} = \sqrt[3]{I_{Л} \cdot I_{ПС} \cdot I_{ФН}}$	
1.1.1. <u>Качество образования</u> $I_{КО} = \frac{КО}{КО_{этал}}$		1.2.1. <u>Ликвидность</u> $I_{Л} = \frac{Л}{Л_{этал}}$	
1.1.2. <u>Международная деятельность</u> $I_{МД} = \frac{МД}{МД_{этал}}$		2.1.1. <u>Научный задел</u> $I_{НЗ} = \frac{НЗ_{поддержанный}}{НЗ_{заявленный}}$	
1.1.3. <u>Научная деятельность</u> $I_{НД} = \frac{НД}{НД_{этал}}$		2.1.2. <u>Остепененность преподавателей</u> $I_{ОП} = \frac{К_{ОП}}{К_{всего}}$	
1.1.4. <u>Финансовая деятельность</u> $I_{ФД} = \frac{ФД}{ФД_{этал}}$		1.2.2. <u>Платежеспособность</u> $I_{ПС} = \frac{ПС_{этал}}{ПС}$	
1.1.5. <u>Деятельность, направленная на работу с кадрами</u> $I_{ДК} = \frac{ДК}{ДК_{этал}}$		1.2.3. <u>Финансовая независимость</u> $I_{ФН} = \frac{ФН_{этал}}{ФН}$	
2.2. <u>Индекс стратегического развития</u> $I_{СР} = \sum_1^n \alpha_i \cdot \frac{П_{фактi}}{П_{планi}}$ 2.2.1. $П_{фактi}$ – фактическое значение показателя; $П_{планi}$ – плановое значение показателя в соответствии со стратегией развития; α_i – удельный вес индекса			

Как видно из индексной модели, важное значение при расчете конкурентоспособности отведено расчету интегрального показателя эффективности, состоящего из индикаторов, сформированных в соответствии с последней версией проекта приказа Министерства образования и науки Российской Федерации «Об утверждении показателей эффективности деятельности образовательных учреждений высшего образования, подведомственных Министерству науки и высшего образования Российской Федерации» [3].

Данная индексная модель позволяет осуществить количественную оценку интегрального индекса конкурентоспособности и по итогам его динамики определить перспективы дальнейшего развития.

Анализируя проект приказа Министерства образования и науки Российской Федерации [3] и представленные показатели, можно отметить, что для обеспечения устойчивых конкурентных позиций высшего учебного заведения необходима его постоянная научная активность (табл. 2).

Таблица 2. Показатель максимального количества баллов по направлениям деятельности высших учебных заведений

№	Направление оценочного показателя эффективности	Максимальное количество баллов
1	Качество образования	20
2	Международная деятельность	15
3	Научная деятельность	10
4	Финансовая деятельность	10
5	Деятельность, направленная на работу с кадрами	0 (не выполнен –2)

Максимальное количество баллов, которое можно получить при значении 8 % темпа прироста доходов от научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по отношению к предыдущему периоду, в расчете на одного научно-педагогического работника, составляет 10 (рис. 1).

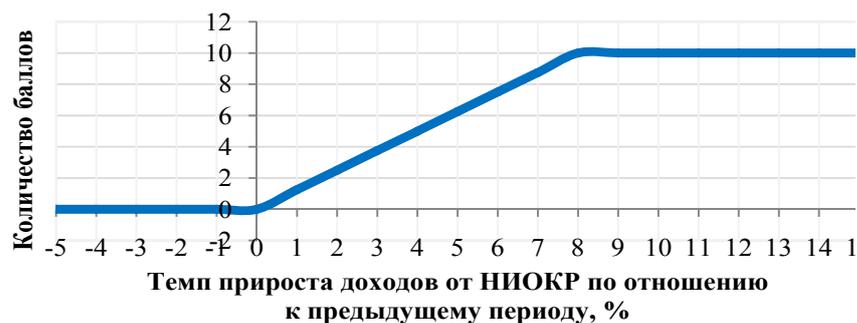


Рис. 1. Количество баллов, формируемое темпом прироста от НИОКР по отношению к предыдущему году, при расчете интегрального индекса эффективности деятельности университета (источник: составлено авторами на основе данных источника [3])

Таким образом, чем ближе значение темпа прироста доходов от научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ к 8 %, тем конкурентоспособнее по рассматриваемому показателю (научная деятельность) является исследуемый университет.

Предложенная индексная модель оценки конкурентоспособности современного университета была использована для решения практической задачи, связанной с оценкой конкурентоспособности ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова», успешно развивающего научную деятельность, цифровизацию всех сфер деятельности, а также имеющего стратегическую направленность в пользу интеграции науки, инноваций и образования. При этом в последнее время в Ижевском государственном техническом университете ключевое значение приобретает развитие грантовой работы, позволяющей генерировать новые научные исследования с применением цифровых технологий и получать денежные средства.

Одним из примеров такой работы служит разработка группой специалистов кафедры «Промышленное и гражданское строительство» дополнительной профессиональной образовательной программы (далее – Программа) повышения квалификации по теме «Российские инновационные ресурсосберегающие технологии для повышения экономической эффективности строительства

и сферы ЖКХ» (рис. 2). Программа предназначена для реализации в дистанционной форме.

Заказчиком Программы явился Фонд инфраструктурных и образовательных программ (группа «РОСНАНО»), исполнителем – ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова».

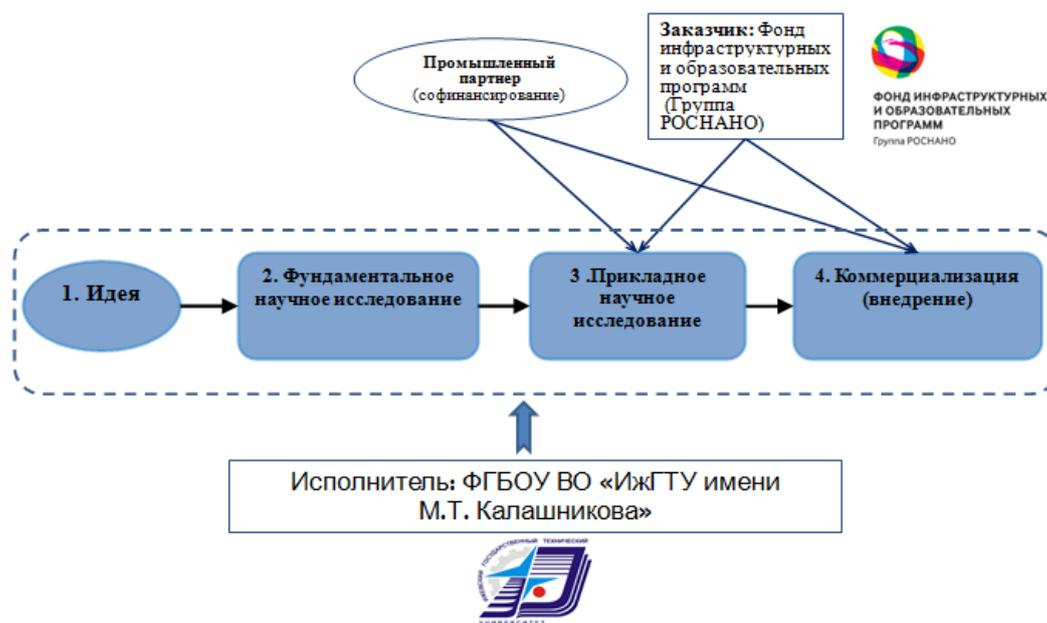


Рис. 2. Логическая схема разработки дополнительной профессиональной образовательной программы (источник: составлено авторами)

Итогом изучения каждой темы дополнительной профессиональной образовательной программы стали контрольные вопросы, предлагаемые слушателю для самостоятельной проверки полученных знаний. В конце каждого раздела обучающимся предлагается пройти тестирование. При использовании балльной шкалы оценки (максимум 100 баллов) результаты обучения можно перевести в пятибалльную систему оценки знаний. После прохождения слушателями всех вопросов теста на экране компьютера отображается итоговый результат.

При этом документом, подтверждающим повышение квалификации у обучающихся, является удостоверение о повышении квалификации установленного образца.

Резюмируя апробацию дополнительной профессиональной образовательной программы повышения квалификации в дистанционной форме, сформулируем следующие обобщающие выводы:

– дистанционные технологии позволяют в относительно короткие сроки по сравнению с традиционным образованием получить необходимый уровень знаний [2, 4];

– современные информационные технологии, используемые при модернизации образовательного процесса в направлении дистанционного обучения, позволяют расширять географию и контингент своих студентов [5];

– дистанционное обучение позволяет развиваться на протяжении всей жизни, не прерывая трудового процесса;

– дистанционное образование позволяет повышать конкурентоспособность цифрового университета, а также решать наиболее актуальные социально-экономические задачи в регионах, включая дополнительное профессиональное образование сотрудников предприятий [4].

Список литературы

1. *Грахов, В. П.* Качество образования через профессиональное взаимодействие / В. П. Грахов, Ю. Г. Кислякова // Технические университеты: интеграция с европейскими и мировыми системами образования : материалы V Междунар. конф. Ижевск, 2012. С. 166–170.

2. *Ероян, А. Е.* Направления совершенствования управления развитием системы образования в муниципальном образовании города Краснодар [Электронный ресурс] / А. Е. Ероян, Е. А. Горлова // Экономика и предпринимательство. 2014. № 12-3 (53). С. 263–267. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22998352>

3. Об утверждении показателей эффективности деятельности федеральных бюджетных и автономных образовательных учреждений высшего образования, подведомственных Министерству науки и высшего образования Российской Федерации, и работы их руководителей [Электронный ресурс]. URL: http://fgosvo.ru/uploadfiles/proekt%20doc/ef.pdf?fbclid=IwAR1d7H_BI3WwNWx-14RHLd8Ow482RB9nIM5LRQhEJ0Sk2hpYBMeic-XA4rU (дата обращения 18.10.2019).

4. *Положенцева, И. В.* Дистанционное образование в аспекте повышения конкурентоспособности вузов на рынке отечественных образовательных услуг [Электронный ресурс] // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Психолого-педагогические науки. 2017. Т. 11, № 3. С. 89–90. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32470358>.

5. *Тарануха, Н. Л.* Дополнительное образование инженерных кадров // Проблемы и достижения строительного комплекса : тр. Междунар. науч.-техн. конф. «Стройкомплекс-2013». Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2013. С. 340–345.

6. *Тиханов, Е. А.* Анализ и систематизация методов оценки конкурентоспособности предприятия / Е. А. Тиханов, В. В. Криворотов, П. В. Чепур // Фундаментальные исследования. 2016. № 10-3. С. 647–651.

В. Г. Суфиянов, доктор технических наук, профессор

E-mail: vsufiy@mail.ru

А. В. Новиков, аспирант

E-mail: new-92@yandex.ru

Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

Распараллеливание градиентного алгоритма решения систем нелинейных уравнений с использованием библиотеки ArrayFire

В статье рассматриваются вопросы разработки параллельных алгоритмов решения задачи о химически равновесном составе продуктов горения топлива. Задача в математической постановке описывается системой нелинейных алгебраических уравнений. Рассматривается возможность увеличения скорости решения задачи за счет распараллеливания вычислений с использованием библиотеки ArrayFire.

Ключевые слова: система нелинейных уравнений, метод Ньютона, библиотека ArrayFire, распараллеливание вычислений.

Введение

При решении многих прикладных задач, например задачи о химически равновесном составе продуктов горения топлива, возникает необходимость в решении нелинейных алгебраических уравнений [4].

Представляет интерес разработка методики расчета задач внутренней баллистики с учетом химически равновесных процессов в камере сгорания двигателя для повышения точности прогнозирования рабочих характеристик ракетных двигателей на твердом топливе. Применение алгоритма распараллеливания позволит повысить скорость расчета процессов химической кинетики.

Постановка задачи

Математическая модель задачи о химически равновесном составе продуктов горения топлива (ХРСПГТ) описывается системой нелинейных алгеб-

раических нелинейных уравнений сохранения вещества, уравнений диссоциации и Дальтона. Эту систему можно выразить через парциальные давления атомарных p^A и молекулярных p^M веществ [2, 3]:

$$K_j p_j^M = \prod_{i=1}^m (p_i^A)^{a_{ij}}, \quad j = 1, \dots, l, \quad (1)$$

$$p_i^A + \sum_{j=1}^l a_{ij} p_j^M = M_T b_{iT}, \quad i = 1, \dots, m, \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m p_i^A + \sum_{j=1}^l p_j^M = p, \quad (3)$$

где K_j – константы химического равновесия; a_{ij} – количество атомов i -го химического элемента в j -м веществе; m – число атомарных компонентов смеси; l – число молекулярных компонентов смеси; M_T – число молей исходных веществ; b_{iT} – коэффициенты, определяющие состав топлива; p – давление продуктов сгорания.

Из решения системы $l+m+1$ нелинейных и линейных уравнений (1)–(3) определяется $l+m+1$ неизвестных переменных:

$$p_i^A (i = 1, \dots, m), \quad p_j^M (j = 1, \dots, l) \text{ и } M_T.$$

Система нелинейных алгебраических уравнений (1)–(3) выражается в логарифмических переменных:

$$\begin{cases} x_q - \sum_{i=1}^m a_{iq} x_{l+i} - \ln K_q = 0, & q = 1, \dots, l, \\ \sum_{j=1}^l a_{q-l,j} \exp(x_j) + \exp(x_{q-l}) - b_{(q-l)T} \exp(x_{l+m+1}) = 0, & q = l+1, \dots, l+m, \\ \sum_{j=1}^{l+m} \exp(x_j) - p = 0, \end{cases} \quad (4)$$

где переменные представлены через логарифмы исходных переменных:

$$x_q = \begin{cases} \ln p_q^M, & q = 1, \dots, l, \\ \ln p_{q-l}^M, & q = l+1, \dots, l+m, \\ \ln M_T, & q = l+m+1. \end{cases} \quad (5)$$

Метод Ньютона

Систему нелинейных уравнений (4) представим в виде

$$\mathbf{f}(\mathbf{x}) = \mathbf{0}, \quad (6)$$

где $\mathbf{f}(\mathbf{x}) = (f_1(\mathbf{x}), \dots, f_n(\mathbf{x}))^T$ – вектор-функция, компоненты которой, $f_q(\mathbf{x})$, $q = 1, \dots, n$, определяются левыми частями системы (4); $\mathbf{x} = (x_1, \dots, x_n)^T$ – вектор искомых переменных (5); $n = l + m + 1$ – размерность задачи.

При нахождении достаточно хорошего начального приближения к решению системы уравнений (6) эффективным методом решения задачи и повышения точности является метод Ньютона.

Метод Ньютона можно рассматривать как частный случай метода простых итераций [4]

$$\mathbf{x}^{k+1} = \mathbf{F}(\mathbf{x}^k)$$

с начальным приближением

$$\mathbf{x}^0 = (x_1^0, \dots, x_n^0)^T,$$

где вектор-функция $\mathbf{F}(\mathbf{x})$ имеет вид

$$\mathbf{F}(\mathbf{x}) = \mathbf{x} - \left[\frac{\partial \mathbf{f}(\mathbf{x})}{\partial \mathbf{x}} \right]^{-1} \mathbf{f}(\mathbf{x}); \quad (7)$$

$\left[\frac{\partial \mathbf{f}(\mathbf{x})}{\partial \mathbf{x}} \right]$ – матрица первых производных (матрица Якоби) функций $\mathbf{f}(\mathbf{x})$ системы нелинейных уравнений (6) по элементам вектора \mathbf{x} .

Итерационный процесс представляется в виде

$$\mathbf{x}^{k+1} = \mathbf{x}^k - \left[\frac{\partial \mathbf{f}(\mathbf{x})}{\partial \mathbf{x}} \right]_{\mathbf{x}=\mathbf{x}^k}^{-1} \mathbf{f}(\mathbf{x}^k). \quad (8)$$

Согласно [4] систему (8) можно представить в виде системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ):

$$\left[\frac{\partial \mathbf{f}(\mathbf{x})}{\partial \mathbf{x}} \right]_{\mathbf{x}=\mathbf{x}^k} \Delta^{k+1} = -\mathbf{f}(\mathbf{x}^k), \quad (9)$$

где $\Delta^{k+1} = \mathbf{x}^{k+1} - \mathbf{x}^k$ – разность между значениями приближений на текущей и предыдущей итерациях. Решение СЛАУ (9) находится методом Гаусса, LU-или QR-разложения, итераций Зейделя и др. Таким образом, вычислив разность Δ^{k+1} , определяем текущее приближение:

$$\mathbf{x}^{k+1} = \mathbf{x}^k + \Delta^{k+1}.$$

Для решения задачи о ХРС ПГТ применяются итерационные алгоритмы, в частности, были рассмотрены следующие методы решения задачи:

– метод Ньютона – основной метод решения задачи о ХРС ПГТ, который рассматривается в работах В. Е. Алемасова [2, 3], А. В. Алиева, О. В. Мищенко, О. А. Воеводиной [1] и др. Метод Ньютона обладает вычислительной неустойчивостью при большом значении числа обусловленности матрицы Якоби. Сходимость алгоритма и время решения системы нелинейных уравнений зависит от выбора начального приближения;

– метод простой итерации [5], который рассматривался в диссертационной работе И. Ф. Юмановой; он не требует вычисления обратной матрицы. Но в данной работе не определены способы получения начальных значений, что снижает применимость данного метода для решения реальных задач;

– генетический алгоритм [6] для решения задачи о ХРС ПГТ впервые применен в работах А. В. Алиева, О. В. Мищенко, О. А. Воеводиной. Генетические алгоритмы не требуют вычисления обратных матриц и обладают высокой степенью сходимости, но не гарантируют точного решения и требуют большого числа вычислений функции.

Таким образом, основной проблемой методов решения о ХРС ПГТ является выбор начального приближения и отсутствие гарантии сходимости к решению задачи.

Реализация метода решения задачи о ХРС ПГТ с использованием библиотеки ArrayFire

Решение задачи о ХРС ПГТ используется для численного моделирования процессов горения топлива в ракетных двигателях, при этом необходимо многократно решать уравнения в каждой ячейке сетки и на каждом временном слое [1], что при большом числе ячеек ($>10^6$) является проблемой, так как требуются значительные вычислительные мощности.

Один из способов увеличения скорости решения задачи о ХРС ПГТ – за счет распараллеливания вычислений на многопроцессорных ЭВМ. Современное параллельное программирование для высокопроизводительных систем [8] подразумевает многопоточность для многоядерных процессоров и ускорителей, которые могут быть реализованы, например, с помощью MPI, OpenMP, OpenCL для центральных процессоров (CPU) и CUDA, OpenCL, OpenACC для графических процессоров (GPU).

Библиотека ArrayFire – универсальная библиотека с открытым исходным кодом на языке C++, которая упрощает процесс разработки программного обеспечения, ориентированного на параллельные и массивно-параллельные архитектуры, включая центральные процессоры, графические процессоры и другие устройства аппаратного ускорения.

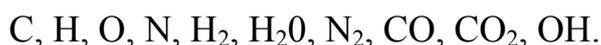
В библиотеке ArrayFire реализованы возможности решения задач линейной алгебры на параллельных системах, например, арифметические действия с матрицами и векторами, транспонирование, нахождение обратных матриц, вычисление определителей, решение СЛАУ и др. Одной из важных особенностей библиотеки ArrayFire является возможность написания одного кода программы на языке C++ для различных платформ CUDA и OpenCL.

С использованием библиотеки ArrayFire в MS Visual Studio была реализована программа на языке C++ для решения системы нелинейных алгебраических уравнений (4) методом Ньютона с определением итерационных поправок на каждом шаге методом Гаусса и методом LU- и QR-разложения.

Валидация метода осуществлялась на основе сравнения результатов решения системы уравнений (4) с результатами, представленными в диссертационной работе И. Ф. Юмановой [5]. Рассматривалась условная формула топлива:



В результате химической реакции в зависимости от давления и температуры в химическом реакторе в продуктах сгорания содержатся следующие атомарные и молекулярные вещества:



В табл. 1 представлены результаты решения системы (4) в логарифмических переменных с начальными значениями, представленными в работе [5], при давлении $p = 1$ атм. Кроме значений, представленных в таблице, был определен параметр M_T , равный $M_T = 0,02291$, который совпадает с решением [5].

Таблица 1. Результаты решения задачи о ХРС ПГТ ($M_T = 0,02291$)

Решение*	C	H	O	N	H ₂	H ₂ O	N ₂	CO	CO ₂	OH
1	-9.6498	-7.0131	-8.5998	-9.0266	-1.7333	-1.7761	-2.1663	-0.7705	-2.5849	-9.2103
2	-9.6508	-7.0125	-8.5991	-9.0282	-1.7351	-1.7744	-2.1664	-0.7699	-2.5891	-9.2117

Примечание. 1 – решение, полученное итерационным методом в работе [5]; 2 – решение, полученное методом Ньютона в программе, разработанной авторами статьи.

Как видно из таблицы, различия решений, полученные авторами статьи и в работе [5], составляют величину порядка 10^{-3} . Это можно объяснить результатами округления коэффициентов химического равновесия. Аналогичные результаты были получены при сравнении с другими решениями задачи, представленными в [5].

Решения задачи о ХРС ПГТ, полученные в разработанной авторами данной статьи программе методом Ньютона с разными способами определения итерационных поправок, практически не различались.

Заключение

Как показал анализ методов решения задачи о ХРС ПГТ (метод Ньютона, простых итераций, генетический алгоритм и др.), существуют основные проблемы, связанные:

- с необходимостью выбора начального приближения, входящего в область сходимости;
- отсутствием гарантии глобальной сходимости к решению задачи.

Один из способов ускорения решения задачи о ХРС ПГТ возможен за счет распараллеливания алгоритмов на многопроцессорных системах. Проведенный анализ показал, что для распараллеливания вычислений на центральном процессоре и графических ускорителях используются технологии OpenCL и CUDA. Полезным средством для распараллеливания вычислений при написании программного кода на языке C++ является библиотека ArrayFire.

Проведенная верификация реализованного параллельного метода Ньютона для решения задачи о ХРС ПГТ показала совпадение результатов с тестовыми значениями.

Список литературы

1. *Алиев, А. В.* Модели нестационарных термогазодинамических процессов в ракетных двигателях с учетом химического равновесия продуктов сгорания / А. В. Алиев, О. А. Воеводина, Е. С. Пушина // Наука и образование : науч. изд. МГТУ им. Н. Э. Баумана. 2015. № 11. С. 253–266.
2. Термодинамические и теплофизические свойства продуктов сгорания / В. Е. Алемасов, А. П. Ваничев, С. Д. Гришин, В. А. Ильинский, А. Ф. Дрегалин, А. П. Тишин, Н. В. Илларионов ; под ред. В. П. Глушко. В 5 т. Т. 1. М. : ВИНТИ АН СССР, 1971. 266 с.

3. *Алемасов, В. Е.* Теория ракетных двигателей : учеб. для студ. высших техн. учеб. заведений / В. Е. Алемасов, А. Ф. Дрегаллин, А. П. Тишин. М. : Машиностроение, 1989. 464 с.
4. *Калиткин, Н. Н.* Численные методы. М. : Наука, 1978. 512 с.
5. *Юманова, О. В.* Повышение эффективности итерационных методов решения нелинейных уравнений и их применение для задач математического моделирования : дис. ... канд. физ.-мат. наук. Екатеринбург, 2017. 134 с.
6. *Мищенко, О. В.* Применение генетических алгоритмов для расчета термодинамически равновесных составов реагирующих смесей газов / О. В. Мищенко, О. А. Воеводина // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. 2014. Т. 18, № 4 (65). С. 173–177.
7. *Czarnul, P.* Parallel Programming for Modern High Performance Computing Systems. Boca Raton, London, New York: Chapman and Hall/CRC, Taylor&Francis, 2018. 303.
8. ArrayFire. URL: <https://arrayfire.com/> (дата обращения: 01.1.2019).

С. С. Черепанов, магистрант

E-mail: stepan.cherepanov.1997@mail.ru;

М. Р. Галияхматов, магистрант

E-mail: galiahmatovmarat@gmail.com;

С. Д. Осокин, магистрант

E-mail: osokin.stas@gmail.com

Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

Разработка функциональной модели мини-ТЭЦ на попутном нефтяном газе

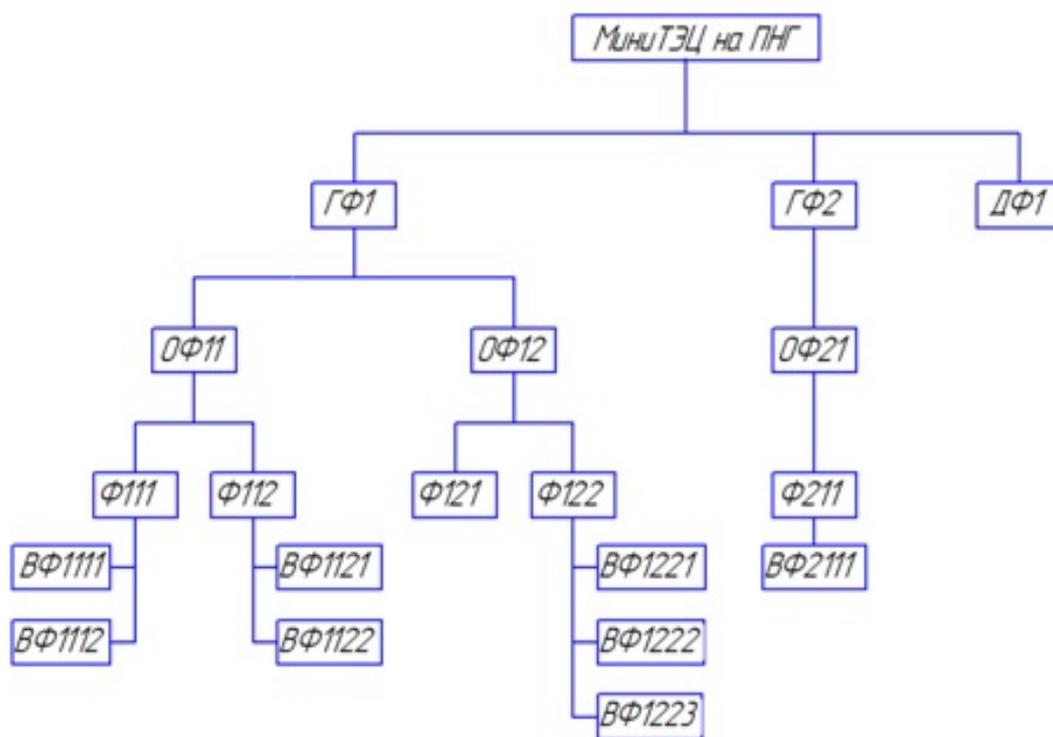
Использование мини-ТЭЦ в целях утилизации попутного нефтяного газа (ПНГ) на нефтяных месторождениях в последнее время становится все более актуальным. Это объясняется его возможной высокой потенциальной рентабельностью, что достигается за счет сжигания топлива с низкой себестоимостью и отсутствия необходимости дальнейшей транспортировки (как сырья, так и произведенной энергии). Разработка функциональной модели мини-ТЭЦ на попутном нефтяном газе позволит сформировать представление о технологическом функционировании мини-ТЭЦ на попутном нефтяном газе, а также наметить стратегию по повышению эффективности реализации попутного нефтяного газа.

Ключевые слова: утилизация попутного нефтяного газа, нефтедобыча, функциональная модель, мини-ТЭЦ.

В соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации администрация любой нефтедобывающей компании должна гарантировать безопасный способ утилизации попутного газа и довести его вплоть до 95 %. Это вызвано условиями природоохранной защиты, которые были приняты на международном уровне. Сжигание нефтяного газа приводит к увеличению парникового эффекта, а также представляет собой опасность для здоровья населения из-за больших объемов выделяющегося углекислого газа [1]. Мини-ТЭЦ на попутном нефтяном газе будет полезен для покрытия собственных нужд в го-

рячем теплоснабжении, тепловой энергии на технологические нужды, а также для покрытия некоторой части электрической нагрузки. Кроме того, станция будет работать на попутном нефтяном газе, который получают в сепарационной установке на этом же месторождении: практически будут отсутствовать затраты на транспортировку и передачу топлива [2]. Для анализа и выбора стратегии по повышению эффективности реализации ПНГ была составлена функциональная модель, представленная на рисунке [3, 4]. Состав функций приведен в таблице ниже.

Результатом выполненной работы стала разработка функциональной модели мини-ТЭЦ на ПНГ. Данная модель позволяет сформировать представление о техническом процессе функционирования мини-ТЭЦ на ПНГ.



Функциональная модель мини-ТЭЦ на ПНГ

Состав функций мини-ТЭЦ на ПНГ

Уровни модели	Функции	Название функций
1	ГФ1	Генерация энергии
	ГФ2	Использование ПНГ
	ДФ1	Социально-экономическое обеспечение жизнедеятельности населения
2	ОФ11	Производство тепловой энергии
	ОФ12	Производство электрической энергии
	ОФ21	Рациональная утилизация ПНГ
3	Ф111	Обеспечение тепловой энергией потребителя
	Ф112	Обеспечение тепловой энергией на собственные нужды
	Ф121	Обеспечение электрической энергией потребителя
	Ф122	Обеспечение электрической энергией на собственные нужды
	Ф211	Улучшение экологических показателей
4	ВФ1111	Отопление
	ВФ 1112	Горячее водоснабжение
	ВФ 1121	Социально-бытовая
	ВФ 1122	Для технологического процесса
	ВФ 1221	Насосы
	ВФ 1222	Вентиляторы
	ВФ 1223	Освещение
	ВФ 2111	Выполнение норм законодательства РФ

Рассмотренные многофункциональные взаимосвязи дают возможность обнаружить основные и второстепенные функции, а также обозначить стратегию по повышению эффективности использования попутного нефтяного газа. С целью выявления функциональности, полезности материальных компонентов, оценки качества исполнения функций необходимо построить совмещенную функционально-структурную модель. Это является следующим этапом исследования.

Список литературы

1. Постановление Правительства РФ от 08.11.2012 № 1148 (ред. от 28.12.2017) «Об особенностях исчисления платы за негативное воздействие на окружающую среду при выбросах в атмосферный воздух загрязняющих веществ, образующихся при сжигании на факельных установках и (или) рассеивании попутного нефтяного газа» (вместе с «Положением об особенностях исчисления платы за негативное воздействие на окружающую среду при выбросах в атмосферный воздух загрязняющих веществ, образующихся при сжигании на факельных установках и (или) рассеивании попутного нефтяного газа»). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_137637/
2. *Бартенев, О. А.* Изучение применимости мини-ТЭЦ для утилизации попутного нефтяного газа на Забегаловском месторождении АО «Белкамнефть» им. А. А. Волкова / О. А. Бартенев, С. С. Черепанов // Сборник тезисов IX Научно-практической конференции – 2019. Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2019. 504 с.
3. *Морозов, Д. А.* Функционально-структурная модель ветроэнергетических установок / Д. А. Морозов, А. Э. Пушкарев // Вестник ИжГТУ. 2008. № 1. С. 34–38.
4. *Черепанов, С. С.* Морфологический анализ утилизации попутного нефтяного газа / С. С. Черепанов, М. Р. Галияхматов, С. Д. Осокин // Современные проблемы и перспективные направления инновационного развития науки : сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. (11 окт. 2019 г., Магнитогорск). Уфа : Аэтерна, 2019. 200 с.

А. В. Щенятский, доктор технических наук, профессор

А. А. Башарова, аспирант

E-mail: phoenix-anya@mail.ru

Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

Кинематика движения единичного зерна абразива

при полировании плоских поверхностей хрупких неметаллических деталей

В статье рассматривается кинематика движения единичного зерна абразива при полировании. Предложена геометрия инструмента для полирования деталей из кварцевого стекла, построена математическая модель движения единичного зерна абразива в зависимости от конструкции полировального инструмента, построена траектория движения единичного зерна абразива для инструмента и детали. Выявлено влияние частоты вращения детали и инструмента на траекторию движения единичного зерна абразива.

Ключевые слова: полирование, единичное зерно, траектория движения, кварцевое стекло, инструмент.

Исходя из задач и требований, предъявляемых к обработке плоских и сферических поверхностей сложных геометрических деталей из труднообрабатываемых материалов, существует метод, основывающийся на полировании торцом пенополиуретанового круга. Данный метод позволяет проводить чистовую обработку детали путем скоростного полирования.

Основными направлениями, позволяющими значительно расширить технологические возможности процесса полирования, является создание и совершенствование конструкции инструмента, научно-обоснованный подход к назначению режимов обработки, при котором качество обрабатываемой поверхности обеспечивает соответствие техническим требованиям и целостности детали. Целью исследования является анализ влияния кинематических характеристик движения единичного зерна абразива для детали

и инструмента, которые обеспечивали бы равномерность распределения траекторий движения единичного зерна абразива на поверхности детали и инструмента.

Инструмент, применяемый при обработке свободным и принудительно шаржированным абразивом, удерживает абразивные зерна и пасту. Ключевыми требованиями, предъявляемыми к инструменту при обработке свободным абразивом, являются размещение и удержание абразивных зерен полировальной суспензии. Установлено, что лучшим типом траектории при шаржировании является синусоидальная кривая [1, 2]. Такая траектория обеспечивает резкое изменение направления движения. При этом зерна абразива, получая касательную силу, изменяющуюся по направлению, разделяют углубления, в которые они начали шаржироваться, что способствует быстрому шаржированию их в поверхность притира. Следовательно, уменьшается возможность перекатывания уже шаржированных зерен, а также степень их износа и разрушения.

На основании ранее рассмотренных типов профилей инструмента [3] был разработан профиль рабочей поверхности полировального инструмента. На рис. 1 изображена схема обработки плоской поверхности детали сложной геометрической формы и разработанного полировального инструмента.

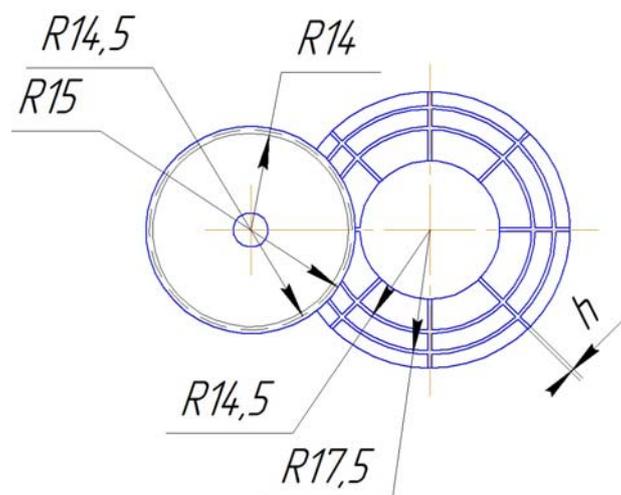


Рис. 1. Схема обработки плоской поверхности детали и полировального инструмента

Направление следов обработки непосредственно влияет на качество обработанной поверхности, оцениваемое комплексом параметров микрорельефа, таких как шероховатость поверхности, размеры и форма [4, 5]. Рассматривая способ кинематического образования кривых траектории движения абразивных зерен, исходя из профиля рабочей поверхности плоского инструмента, предложена математическая модель кинематического образования кривых траектории движения абразивных зерен. За основу построения траектории движения единичного зерна были взяты радиусы на инструменте, обозначающие границы канавок, а также радиусы границ и условный средний радиус обрабатываемой поверхности. Системы уравнений траектории движения абразивного зерна в параметрическом виде:

$$x = R_{det} \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot n_{det} \cdot t), \quad (1)$$

$$y = R_{det} \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot n_{det} \cdot t), \quad (2)$$

где R_{det} – радиус детали; n_{det} – частота вращения детали, рад/с; t – время, с;

$$x_{instr} = R_{instr} \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot n_{instr} \cdot t) + a \quad (3)$$

$$y_{instr} = R_{instr} \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot n_{instr} \cdot t), \quad (4)$$

где R_{instr} – радиус инструмента; n_{instr} – частота вращения инструмента, рад/с; t – время, с; a – смещение начала координат по оси x .

Рассмотрен частный случай траектории движения при вращении детали и инструмента в противоположные стороны. Для расчета были выбраны следующие параметры: радиусы детали равны 14 мм, 14,5 мм, 15 мм, частота вращения детали – 66,38 рад/с, время – 2 с, радиусы инструмента – 14,75 мм, 17,75 мм, частота вращения инструмента – 24,1 рад/с, время – 2 с.

На рис. 2 представлена траектория движения единичного зерна абразива на детали и инструменте.

Далее были проведены вычислительные эксперименты с измененными входными данными: радиусы детали равны 21 мм, 21,5 мм, 22 мм, частота вращения детали – 99,57 рад/с, время – 2 с, радиусы инструмента – 22,125 мм,

26,625 мм, частота вращения инструмента – 36,121 рад/с, время – 2 с. На рис. 3 представлена траектория движения единичного зерна абразива с изменением радиусов детали и инструмента.

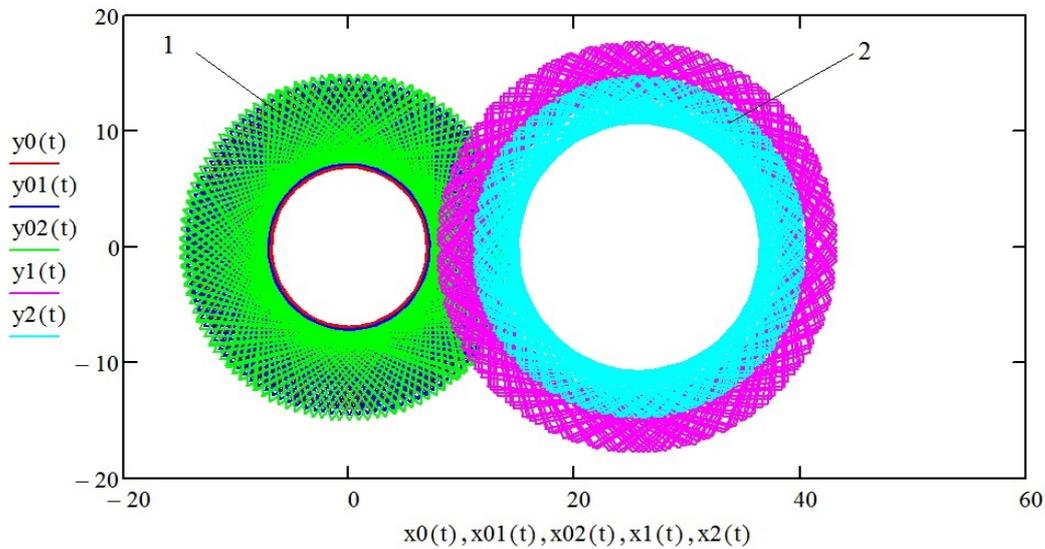


Рис. 2. Траектория движения единичного зерна абразива на детали и инструменте: 1 – траектория движения единичного зерна абразива на детали, 2 – траектория движения единичного зерна абразива на инструменте

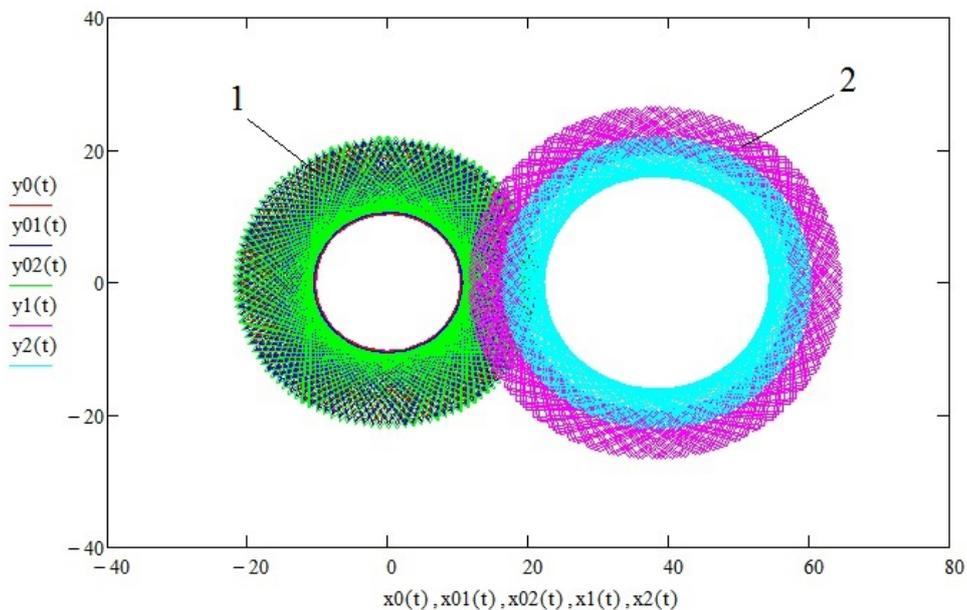


Рис. 3. Траектория движения единичного зерна абразива с изменением радиусов детали и инструмента: 1 – траектория движения единичного зерна абразива на детали, 2 – траектория движения единичного зерна абразива на инструменте

На рис. 4 представлена траектория движения единичного зерна абразива с изменением частот вращения детали и инструмента.

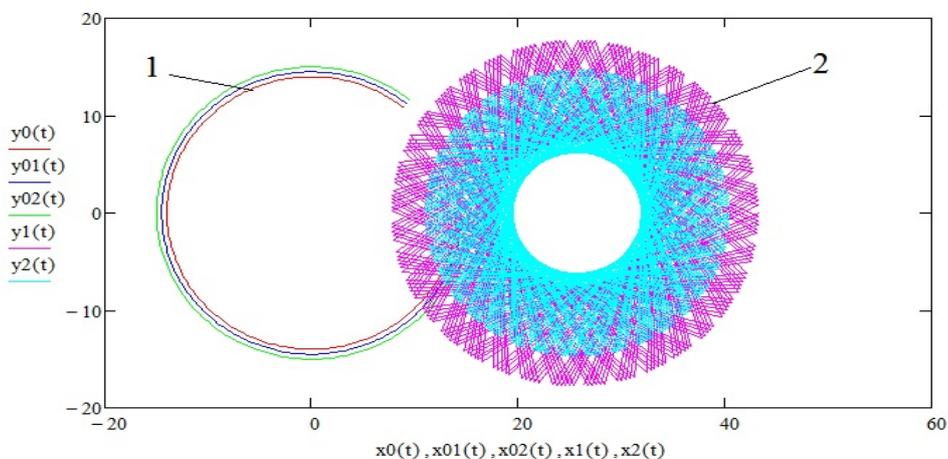


Рис. 4. Траектория движения единичного зерна абразива с изменением частот вращения детали и инструмента: 1 – траектория движения единичного зерна абразива на детали, 2 – траектория движения единичного зерна абразива на инструменте

На рис. 5 представлена траектория движения единичного зерна абразива с изменением радиусов и частот вращения детали и инструмента.

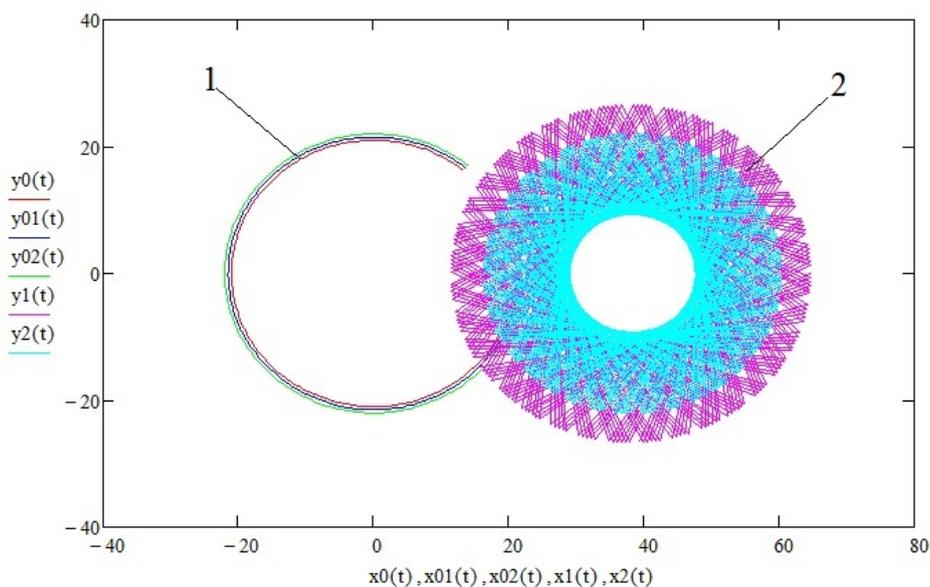


Рис. 5. Траектория движения единичного зерна абразива с изменением радиусов и частот вращения детали и инструмента: 1 – траектория движения единичного зерна абразива на детали, 2 – траектория движения единичного зерна абразива на инструменте

Анализ результатов эксперимента при разных входных данных показал, что наибольшее влияние на распределение траектории абразивного зерна данной математической модели и для детали, и для инструмента оказывают угловые скорости. Определив влияние угловых скоростей на траекторию движения, были выбраны частоты вращения детали и инструмента, обеспечивающие равномерность распределения траекторий движения единичного зерна абразива на поверхностях детали и инструмента.

Анализ влияния кинематических характеристик движения единичного зерна абразива для детали и инструмента показал возможность достижения заданной точности обработки. Для дальнейшего построения процесса полирования необходимы исследование сил резания и реализация результатов в технологических режимах обработки.

Список литературы

1. Орлов, П. Н. Процессы доводки прецизионных деталей пастами и суспензиями / П. Н. Орлов, Ю. И. Нестеров, В. А. Полухин. М. : Машиностроение, 1975. 56 с. : ил.
2. Ящерицын, П. И. Тонкие доводочные процессы обработки деталей машин и приборов / П. И. Ящерицын, А. Г. Зайцев, А. И. Барботько. Минск : Наука и техника, 1976. 328 с.
3. *Shchenyatsky A., Basharova A., Pivarčiová E. et al.* Analysis of the results of the finishing process for manufacturing low-hardness products from non-metallic structural materials, Materials Today: Proceedings, <http://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.08.251>.
4. *Masahiko Y., Sivanandam A., Matsumura T.* Critical depth of hard brittle materials on nano plastic forming // Journal of Advanced Mechanical Design Systems and Manufacturing. 2008. Vol. 2, no. 1. Pp. 59-70.
5. Масловский, В. В. Справочник по доводочным работам. Харьков : Прапор, 1985. 121 с.



РЕКОМЕНДАЦИИ
XII Всероссийского совещания
«Новые кадры оборонно-промышленного комплекса:
диверсификация ОПК и реализация национальных проектов»,
посвященного 100-летию со дня рождения М. Т. Калашникова

(г. Ижевск, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 16–18 октября 2019 г.)

16–18 октября 2019 года в ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова» состоялось XII Всероссийское совещание «Новые кадры оборонно-промышленного комплекса», посвященное 100-летию со дня рождения М. Т. Калашникова. В этом году основной темой совещания стало развитие кадрового, научно-технического и инновационного потенциала предприятий оборонно-промышленного комплекса в условиях диверсификации и реализации нацпроектов.

В рамках совещания с руководством Минобороны, членами кабмина РФ и представителями предприятий ОПК в Сочи 21 ноября 2018 года Президент РФ Владимир Путин заявил: «Диверсификация ОПК – это одна из ключевых стратегических национальных задач... От ее успешного решения прямо зависит уверенное развитие отрасли и всей экономики России и, что крайне важно, обеспечение обороноспособности и безопасности нашей страны в долгосрочной перспективе... Участие ОПК в таких проектах служит важным инструментом стимулирования спроса, наращивания объемов производства и сбыта гражданской продукции этих предприятий. В этой связи считаю целесообразным соотнести планы оборонных предприятий по производству такой продукции с инвестиционными программами естественных монополий и госкорпораций, а также с планами закупок федеральными органами исполнительной власти, участвующими в национальных проектах».

Президентом РФ поставлена задача довести к 2020 году долю гражданской продукции не менее чем до 17 %, к 2025 году – до 30 % от общего объема производства российского ОПК, к 2030 году – до 50 %.

Минпромторгом РФ обозначены приоритетные отрасли в рамках диверсификации на ближайшие несколько лет, прежде всего это нефтегазовое, энергетическое, транспортное и станкоинструментальное машиностроение, гражданское стрелковое оружие, радиоэлектроника, медицинское оборудование и ряд других направлений. В целях ускоренного научно-технологического развития необходимо обеспечить развитие научно-производственной кооперации, включая реализацию федеральных научно-технических программ и национальных проектов. В этой связи на первый план выходит проблема развития кадрового потенциала предприятий ОПК и формирования новых компетенций, которая является центральной темой для обсуждения в рамках Всероссийского совещания «Новые кадры оборонно-промышленного комплекса».

В работе совещания приняли участие представители вузов, а также представители ряда крупных промышленных предприятий ОПК России. На пленарном заседании выступили: Валерий Павлович Грахов, ректор ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Дмитрий Игоревич Цыганов, заместитель директора департамента инноваций и перспективных исследований, Владимир Иванович Довгий, генеральный директор ОАО «Межведомственный аналитический центр», Виктор Александрович Лашкарев, министр промышленности и торговли УР, Елена Евгеньевна Лаврищева, КГТА им. В. А. Дегтярева, Михаил Юрьевич Альес, директор Удмуртского федерального исследовательского центра УрО РАН, Игорь Васильевич Краснов, заместитель генерального директора по общим вопросам и персоналу АО «Ижевский электромеханический завод «Купол».

Дискуссия по проблемам повышения устойчивости ОПК в процессе его диверсификации посредством развития научно-технического, производственно-технологического, кадрового и интеллектуального потенциалов оборонно-промышленного комплекса состоялась в рамках круглых столов «Диверсификация оборонно-промышленного комплекса и реализация нацпроектов» и «Раз-

витие кадрового потенциала оборонно-промышленного комплекса: новые компетенции в условиях диверсификации ОПК» с участием представителей кадровых служб промышленных предприятий, органов управления образованием и промышленностью федерального и регионального уровней, общественных организаций и представителей высшей школы:

- ФГБОУ ВО «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им Д. Ф. Устинова»,
- ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,
- ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»,
- ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»,
- ФГБОУ ВО «Ковровская государственная технологическая академия им. В. А. Дегтярева»,
- ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева»,
- ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»,
- ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»,
- ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет»,
- ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет».

Обсудив вопросы повестки XII Всероссийского совещания «Новые кадры оборонно-промышленного комплекса», посвященного 100-летию со дня рождения М. Т. Калашникова, **участники совещания приняли решение:**

1. При проведении очередного Всероссийского совещания «Новые кадры оборонно-промышленного комплекса» проводить анализ реализации ранее принятых резолюций.

2. Обратиться в Минобрнауки РФ:

2.1. О проработке вопроса создания на базе ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова» экспертной площадки для осуществления оперативного

взаимодействия по развитию системы подготовки кадров в интересах организаций ОПК, в том числе для подготовки рекомендаций по совершенствованию нормативных правовых документов, связанных с реализацией государственного плана подготовки, переподготовки и повышения квалификации кадров для организаций ОПК.

2.2. Продолжить реализацию ведомственной целевой программы «Развитие интегрированной системы обеспечения высококвалифицированными кадрами организаций оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации в **2016–2020** годах», утвержденной приказом Минобрнауки России от 24 февраля **2016** года № **170**, предусмотрев ее пролонгацию и *финансирование* на очередной период с **2021 по 2024** год, в том числе на проекты по инфраструктурному обеспечению целевого обучения студентов в интересах организаций ОПК.

2.3. В рамках реализации национального проекта «Образование» при реализации федерального проекта «Молодые профессионалы (Повышение конкурентоспособности профессионального образования)» в рамках решения задачи 2.4 «сформирован перечень, включающий не менее 80 образовательных организаций высшего образования не менее чем из 40 субъектов Российской Федерации, обеспечивающих подготовку кадров для базовых отраслей экономики и социальной сферы, в том числе в целях предоставления государственной поддержки при организации соответствующих конкурсов в 2019–2020 годах» предусмотреть возможность выделения отдельной конкурсной номинации (подгруппы из 10 вузов в общем перечне вузов) – «Системообразующие вузы (национальные исследовательские университеты), обеспечивающие подготовку кадров и выполнение научных исследований и разработок для стратегических отраслей промышленности». К данной подгруппе целесообразно отнести в том числе гражданские инженерные университеты, имеющие уникальные компетенции в области интегрированной системы подготовки кадров для ОПК и обладающие научно-техническим заделом в части разработки технологий двойного назначения. Установить для таких университетов особые критерии отбора

и показатели эффективности их деятельности, учитывающие специфику интегрированного взаимодействия с базовыми предприятиями ОПК, особые условия выполнения работ по спецтемам ГОЗ, результативность внедрения новых разработок на предприятиях ОПК.

2.4. Предусмотреть для таких вузов увеличение подушевого финансирования на подготовку специалистов для предприятий ОПК на 100 %, то есть в два раза, одновременно предусмотреть численность учебных групп до 12–15 студентов. Разрешить вузам совместно с предприятиями разрабатывать собственные образовательные стандарты и на их основе ООП для новых направлений подготовки, связанных с конверсией.

2.5. Упростить процедуру внесения в лицензию вузов адресов «базовых кафедр» предприятий ОПК, в исключительном порядке назначать ведущих специалистов без ученой степени и (или) ученого звания заведующими этих кафедр.

2.6. При оценке показателя «Доля иностранных студентов в общем контингенте» исключить направления подготовки и специальности, на которых обучение иностранных граждан запрещено.

Электронное научное издание

«НОВЫЕ КАДРЫ ОБОРОННО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА:
ДИВЕРСИФИКАЦИЯ ОПК И РЕАЛИЗАЦИЯ НАЦИОНАЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ»

Сборник материалов XII Всероссийского совещания,
посвященного 100-летию М. Т. Калашникова
(Ижевск, 16–18 октября 2019 г.)

Адрес в информационно-телекоммуникационной сети: <http://opk2019.istu.ru/>

Технический редактор *С. В. Звягинцова*

Корректор *И. В. Ганеева*

Верстка *С. В. Петуховой*

Дизайн обложки *К. Н. Сабура*

Подписано к использованию 24.12.2019. Объем 2,6 Мб. Уч.-изд. л. 4,30. Заказ № 434

Издательство Ижевского государственного технического университета
имени М. Т. Калашникова 426069. Ижевск, Студенческая, 7