

Министерство образования Республики Беларусь  
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования  
«Белорусско-Российский университет»

Научное издание

## **НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Материалы Международной  
научно-технической конференции  
молодых ученых  
(Могилев, 28–29 октября 2021 года)

**Авторы несут персональную ответственность  
за содержание публикуемых материалов**

Корректоры *И. В. Голубцова, Е. А. Галковская,  
Т. А. Рыжикова, А. А. Подошевка*

Компьютерный дизайн *Н. П. Полевничая*

## **НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Материалы Международной  
научно-технической конференции  
молодых ученых  
(Могилев, 28–29 октября 2021 года)

Подписано в печать 14.10.2021. Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Печать трафаретная. Усл. печ. л. 11,63. Уч.-изд. л. 12,5. Тираж 60 экз. Заказ № 712.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования  
«Белорусско-Российский университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/156 от 07.03.2019.  
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

Могилев  
«Белорусско-Российский университет»  
2021

УДК 37.091.3:811

ЛИНГВОКУЛЬТУРОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ  
СОЦИАЛЬНО-БЫТОВОЙ СКАЗКИ  
В ИНОЯЗЫЧНОМ ОБРАЗОВАНИИ УЧАЩИХСЯ

Е. В. ШАРАПОВА  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Жанром выбора, особенно на начальных этапах иноязычного образования учащихся, является народная сказка, поэтому на занятиях по русскому языку для иностранных студентов Белорусско-Российского университета активно используются переведенные на русский язык сказки белорусского и зарубежного, в частности туркменского, фольклора. Для анализа отбираются тексты, в которых отражены так называемые международные сказочные фабулы и мотивы, сходные композиция, сюжет, а также образная система.

В социально-бытовых сказках белорусского и туркменского народов отрицательными персонажами выступают пан, генерал, падишах и (или) везир, мулла, ишан, бай. К положительным относятся простые люди: крестьяне, батраки, пастухи. Именно в бытовых туркменских сказках очень часто главными положительными персонажами являются девушки и женщины, которые выходят с честью из трудных ситуаций, сохраняя при этом свои моральные принципы, доброту, верность любимым («Девушка, достигшая своей цели», «Умная женщина», «Умная девушка»). Среди белорусских сказок подобными являются «Дело не в силе, а в смелости», «Разумная дочь» и др.

Интересный сравнительный анализ можно провести, обратившись к сказкам «Старый отец» (белорус.) и «Советы старого отца» (туркм.). Они различаются лишь некоторыми национально окрашенными деталями, например, источник Земзем в Мекке, которому приписывали целительные свойства. Но по своей сути эти сказки близки. В них сын не обрекает старого отца на медленную смерть, а прячет его в своем доме. Старик в свою очередь три раза спасает сына и людей из его окружения от беды. Идея обеих сказок очевидна – необходимо любить и уважать родителей.

Примечательно, что многие туркменские социально-бытовые сказки объединяются в цикл вокруг одного персонажа, например, Мирали, прототипом которого является поэт Алишер Навои, Кемине (поэт с таким именем жил в XIX в.), Кары. Последние два персонажа являются героями юмористических и сатирических сказок, которые часто имеют социальный конфликт. И в этой связи удачным будет их сопоставление со сказками белорусов «Как мужик царского генерала проучил», «Как Степка с паном говорил», «Пан и сказочник».

Таким образом, обращение к сказке позволит решить различные коммуникативные, познавательные и воспитательные задачи. Данный жанр может быть как объектом целостного анализа, так и иллюстрацией языковых единиц всех уровней, средством овладения различными видами речевой деятельности. Обращение к сказкам, которые отражают историю, традиции и достижения народов, способствует диалогу национальных культур.

УДК 621.01:531:625.08:69:62-82«324»(0.43.2)  
ББК 34.5:22.21:39.3:38:31.291  
Н72

Редакционная коллегия: д-р техн. наук, проф. *М. Е. Лустенков* (гл. редактор); д-р техн. наук, проф. *В. М. Пашкевич* (зам. гл. редактора); канд. техн. наук, доц. *Н. А. Коваленко*; канд. техн. наук, доц. *А. О. Коротеев*; канд. техн. наук, доц. *Г. С. Леневский*; канд. техн. наук, доц. *И. В. Лесковец*; канд. физ.-мат. наук, доц. *И. И. Маковецкий*; канд. техн. наук, доц. *Ю. Г. Москалькова*; канд. техн. наук, доц. *А. П. Прудников*; канд. ист. наук, доц. *Н. Н. Рытова*; канд. техн. наук, доц. *С. С. Сергеев*; канд. техн. наук, доц. *В. М. Шеменок*; д-р техн. наук, доц. *А. И. Якимов*; канд. техн. наук, доц. *Д. И. Якубович*; *И. В. Брискина* (отв. секретарь)

Н72 **Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых / М-во образования Респ. Беларусь, М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Белорус.-Рос. ун-т; редкол.: М. Е. Лустенков (гл. ред.) [и др.]. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2021. – 200 с.: ил.**

ISBN 978-985-492-264-5.

Рассмотрены вопросы разработки новых технологических процессов, оборудования и их автоматизации, проектирования, производства и эксплуатации транспортных средств, энерго- и ресурсосберегающих технологий строительства. Изложены новые методы создания автоматизированных систем расчета и проектирования перспективных конструкций механической передачи. Приведены результаты исследований в области высокоэффективных технологий и машин сварочного производства, информационно-измерительной техники для контроля и диагностики. Рассмотрены способы повышения эффективности субъектов хозяйствования в условиях трансформации экономики.

Сборник предназначен для инженерно-технических и научных работников, аспирантов и студентов вузов.

УДК 621.01:531:625.08:69:62-82«324»(0.43.2)  
ББК 34.5:22.21:39.3:38:31.291

ISBN 978-985-492-264-5

© Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования «Белорусско-Российский университет», 2021

ВЫБОР МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ КОНКУРЕНТНЫХ ПОЗИЦИЙ  
ИНЖЕНЕРНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА  
НА РЫНКЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УСЛУГ

М. Д. САКОВИЧ  
Научный руководитель С. Л. КОМАРОВА  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Исследование конкурентных позиций любого объекта сопряжено с учетом многих факторов.

Когда этот объект относится к сфере производства, то конкурентоспособность его можно оценивать по таким показателям, как выручка, объем производства, прибыль. Основная бухгалтерская отчетность будет главным источником информации для оценки конкурентных возможностей предприятий, работающих в сфере производства, торговли и сферы услуг.

В последнее время белорусскими учеными предложено много интересных методик для проведения такого вида анализа. Однако оценить конкурентные позиции учебного заведения по этим методикам достаточно сложно. Учреждение образования, работающее на рынке образовательных услуг, необходимо оценивать по абсолютно иной схеме.

На сегодняшний день самая популярная методика – это составление рейтинга лучших учебных заведений (страны, мира), где учитываются такие показатели, как:

- количество публикаций в области исследовательской деятельности;
- уровень квалификации профессорско-преподавательского состава;
- количество оказанных услуг иностранным партнерам (количество иностранных студентов, обучающихся в учреждении образования и приглашенных иностранных преподавателей);
- мнение работодателей о выпускниках и их карьерный потенциал.

И даже пользуясь одними и теми же данными, при составлении рейтинга результаты могут отличаться из-за разного подхода при выборе критерия, оценки его важности в формировании итоговой цифры в расчетах.

Готовой методики для оценки такого подразделения, как факультет, на сегодняшний день нет. Конечно, при оценке конкурентоспособности факультета можно использовать те же показатели, которые формируют рейтинг учреждения образования, но есть ряд факторов, которые также следует учитывать, они покажут, насколько продуктивно развивается факультет и его привлекательность для абитуриентов. В качестве критериев следует добавить: количество новых специальностей, которые открыты за последние несколько лет, конкурс среди абитуриентов на одно бюджетное место, количество студентов, обучающихся на платной основе, процент иностранных студентов, обучающихся на факультете.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Пленарное заседание</b>	
ДЕНИСЕВИЧ Д. А. Комплексная модель оптимизации раскройного производства.....	14
РЖЕВУЦКАЯ В. А. Свободные и стесненные деформации усадки керамзитобетона.....	16
КРОТОВА А. Г. Маркетинговые исследования на рынке образовательных услуг.....	19
ЩУКИН Д. А. Пружинные технологические аппараты и их развитие.....	22
<b>Секция 1. Технология и оборудование машиностроения, автоматизация технологических процессов и производств, мехатроника и робототехника</b>	
АБРАМОВ Р. В., ВАРАКСО Н. А. Технологическое обеспечение эксплуатационных свойств с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности детали «Фланец».....	26
БЕКИРОВ Э. Л. Оптимизация процесса сверления на основе исследования контактного взаимодействия инструмента с заготовкой.....	27
БЕЛОУСОВ В. Б., СИЛАНТЬЕВ Р. Е. Учет влияния толщины на свойства листовой стали марки 08ПС .....	28
БЕЛОЦКИЙ И. П., ГУЛЬПА Д. Ю. Метод исследования кинетических закономерностей при воздействии импульсных и реверсированных токов.....	30
БОГДАН Д. Д., ГОРАВСКИЙ И. А. Методика проведения экспериментов по исследованию сил резания при разрушении калийных пород.....	31
БОДНАР М. В., СИЛАНТЬЕВ Р. Е. Совмещения вытяжки и отбортовки при штамповке полой осесимметричной детали.....	32
ВАСИЛЬЕВА Д. Е., ПЕТРОВА Н. А. Разработка автоматизированной системы определения технически обоснованных настроечных размеров управляющих программ для станков с ЧПУ, обеспечивающих формирование требуемой точности при механической обработке.....	34
ВИННИЧЕК К. С., ЛИТВИНОВИЧ Т. П. Совершенствование конструкции машинных метчиков.....	35
ВОЛЧЕК О. М. Разработка алгоритма расчета колебаний подпружиненного вала валкового пресса.....	36
ВЫГОЛКО Ж. А. Дислокационная структура поверхностных слоев деталей машин после различных методов обработки.....	37

ГОРАВСКИЙ И. А., БОГДАН Д. Д. Определение оптимальных режимов резания для достижения наибольшей стойкости осевого фрезерного инструмента из быстрорежущей стали Р6М5, упрочненного аэродинамическим методом.....	38
ГОРИНОВ А. В. Оценка показателей параметрической надежности технологических систем металлообработки .....	39
ДЖЕМАЛЯДИНОВ Р. М. Проблемы нарезания внутренней мелкоразмерной резьбы в труднообрабатываемых материалах.....	40
ДОБРЫШИН В. В., ЯКУБОВСКИЙ Р. Г., САСКОВЕЦ К. В. Исследование влияния упругих деформаций на точность обработки валов механических передач методами компьютерного моделирования.....	41
ЕЛИСЕЕВА А. Н. Формирование частотного тлеющего разряда....	42
ИЛЮШИН И. Э., ГОСПОД А. В. Оптимизация компоновки роботизированного технологического комплекса в процессе лазерной резки.....	43
КЛЯУС О. Н. К вопросу теоретических исследований упругого смещения расточного инструмента под влиянием скорости резания.....	44
КРУЧНИНА А. С. Оптимизация величины защитного элемента обоймы совмещенного магнитно-динамического раскатника.....	45
КУЗНЕЦОВ В. А., БАРАНОВА Е. А. Технологическое обеспечение технических и эксплуатационных характеристик детали «Крышка».....	46
МАРТЫНЕНКО С. В. Разработка оптимальных параметров очистки изоляции электрических двигателей с использованием ультразвука.....	47
МАСЛОВА К. С. Технические характеристики источников питания активных экзоскелетов.....	48
МАТРОСОВА К. А., ШУЛАКОВА Е. С. Технологическое обеспечение технических и эксплуатационных характеристик детали «Крышка корпуса».....	49
МИХАЙЛОВА Ю. С. Модернизация динамического твердомера по методу Либа .....	50
НАУМОВ С. В. Анализ сбоев в работе автоматизированного конвейера фасовки сухого продукта.....	51
ПАУКОВА В. С. Преимущества автоматизированного производства на предприятии по производству безалкогольных напитков....	52
ПЕСИКОВ М. С., ФЕДОНИНА Д. П. Разработка автоматизированной системы моделирования процесса профилирования зубчатого колеса.....	53

УДК 81-26

## РАЗВИТИЕ ОБЩЕКУЛЬТУРНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ГУМАНИТАРНЫХ ДИСЦИПЛИН СТУДЕНТАМИ ТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

К. С. МАСЛОВА

Научный руководитель И. А. КАЗИЛИНА, канд. филол. наук, доц.  
Филиал «Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
в г. Смоленске  
Смоленск, Россия

Развитие современного высшего образования – важная задача в контексте общекультурного развития страны. Вне зависимости от профиля подготовки студентов необходимо обращать должное внимание на общий уровень культуры и развитие у студенческой молодежи soft-skills, к которым относятся в том числе коммуникативные навыки и умение работать с информацией.

Стандарты, определяющие качество высшего образования, включают общекультурные компетенции, характеризующие способности студентов к будущему гармоничному входу в профессиональное сообщество и успешное продвижение в нем. На развитие общекультурных компетенций направлена работа в рамках разных учебных дисциплин, среди которых большая часть относится к гуманитарному направлению.

В высших технических учебных заведениях изучают дисциплину «Русский язык и культура речи». В рамках данной дисциплины русский язык изучается как средство, способствующее общекультурному развитию при формировании специалиста технического направления. Вне зависимости от его будущего вектора работы, хороший уровень коммуникативных навыков и грамотная речь будут выделять специалиста на фоне коллег, что откроет перспективные направления для его дальнейшего развития. Особое внимание при изучении дисциплины уделяется грамотному построению устной и письменной речи, соответствующей нормам современного языка. Умение грамотно выразить свои мысли в тематике технической направленности позволяет студентам более успешно осваивать учебную программу, именно поэтому изучение гуманитарных дисциплин, направленных на общекультурное развитие студенческой молодежи, актуально и необходимо развивать в высших учебных заведениях при подготовке специалистов технико-технологического профиля.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Назар, Р. Н. Роль гуманитарного образования в обеспечении надлежащего уровня подготовки специалистов в техническом вузе / Р. Н. Назар // Гуманитарные аспекты высшего профессионального образования / ДонНАСА. – 2017. – С. 99–106.

УДК 338

## НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ПРИВЛЕЧЕНИЮ АБИТУРИЕНТОВ НА ИНЖЕНЕРНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

А. Г. КРОТОВА, М. Д. САКОВИЧ  
Научный руководитель С. Л. КОМАРОВА  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Политика каждого вуза предполагает, что абитуриенты должны остаться в своем регионе. Реальная ситуация далека от таких перспектив. 2021 г. внес серьезные коррективы. В этом году по статистике было 62 тыс. выпускников. Зарегистрировались для участия в централизованном тестировании 52 тыс., а пришли на него и получили сертификаты 48 тыс. абитуриентов. В целом вузы Республики Беларусь приняли 22 тыс. студентов на бюджетную форму образования и 26 тыс. на контрактную форму образования, т. е. 14 тыс. абитуриентов не поступали в вузы. Часть из них подали документы в ссузы, многие приняли решение не поступать в учреждения образования Республики Беларусь, а уехали за границу, некоторые устроились на работу.

Инженерно-экономический факультет Белорусско-Российского университета создавал всевозможные условия для того, чтобы оставить всех абитуриентов, пожелавших учиться по образовательным программам Российской Федерации, и поэтому в рамках конкурса были введены льготы для абитуриентов.

Руководитель факультета вместе с председателем приемной комиссии вуза выезжали в ближайшие регионы Российской Федерации, и как результат – в вуз поступили 11 абитуриентов из России. Из 207 зачисленных на первый курс инженерно-экономического факультета 149 проживают в г. Могилеве, 58 иногородних. На рис. 1 представлено количество иногородних студентов по основному месту проживания.

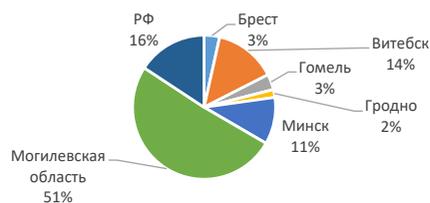


Рис. 1. Количество иногородних студентов по месту основного проживания, поступивших на первый курс инженерно-экономического факультета

Впервые на факультете открылись две группы по направлению подготовки бакалавриата 09.03.04 «Программная инженерия». Продлен прием документов по отношению к другим факультетам Белорусско-Российского университета и других вузов.

ПЕТРОВ Н. В. Разработка программы оптимизации состава шихты при переработке вторичных металлов.....	54
ПОЛТОРАЦКИЙ С. Г. Особенности формирования треугольных отверстий .....	55
ПОЛЬСКИЙ Е. А., СОРОКИН С. В., СИМКИН А. З. Технологическое обеспечение параметров точности и качества сложно-профильных поверхностей деталей при контурном фрезеровании.....	56
САКОВЕЦ Т. А. Отличительные особенности аэродинамического звукового упрочнения.....	58
САМСОНОВА А. С. Получение синтетического волластонита на основе различного кремнезем- и кальцийсодержащего сырья.....	59
СОТНИК Л. Л., МАЛЕВИЧ А. В., САХАНЬКО С. А. Особенность упрочнения отверстий в стальных конструкциях ионно-плазменной обработкой.....	60
ТАРАДЕЙКО И. А., ТАРАДЕЙКО М. В. Анализ способов упрочнения поверхностей валов поверхностным пластическим деформированием.....	61
ТАРАДЕЙКО И. А. ТАРАДЕЙКО М. В. Двухрядный инструмент для импульсно-ударного деформирования.....	62
ФАМ ВАН НГОК Моделирование технологического процесса изотермической штамповки полых изделий с фланцем.....	63
ШЕЛКУНОВ А. А. Надежность формирования параметров износостойкости цилиндрических поверхностей деталей машин.....	64
ШЛОМИН Д. В. Технологическое управление износостойкостью прецизионных пар трения.....	65

### Секция 2. Механика машин и механизмов

БОДУНОВА А. Д. Выбор подшипников для составных роликов планетарной торовой винтовой передачи.....	66
БОДУНОВА А. Д. Методика расчета геометрических параметров планетарной торовой винтовой передачи.....	67
ЛУСТЕНКОВА Е. С. Исследования КПД компьютерной модели сферической шариковой мультипликаторной передачи.....	68
ЛУСТЕНКОВА Е. С. Механизм радиальной фиксации роликов в сферической роликовой передаче .....	69
МАКАЦАРИЯ Д. Ю., ГРОМЫКО П. Н. Особенности проектирования передач эксцентрикового типа на основе методов компьютерного моделирования.....	70
МЕТЕЛИЦА Я. Н. Уравнения профиля кулачка ограничителя скорости лифта с инерционным роликом.....	71

МОИСЕЕНКО А. Н. Разработка конструкции и оценка прочности двухрядного сателлита сферической роликовой передачи .....	72
ПОТАПОВ И. А., КОСИЦЫН А. В. Исследование возможности расчета характеристик вихревой трубы в системах автоматизированного проектирования .....	74
ПРИХОДЬКО А. А. Силовое исследование планетарного исполнительного механизма конвейера прерывистого движения.....	75
РАБИЧЕВА Т. С. Параметризация как метод кинематического исследования механизмов.....	76
СТРЫГИН К. В. Возможность внедрения передачи с промежуточными телами качения в привод главного движения.....	77
ТРОЙНИЧ В. А. Физико-технические параметры горных машин...	78
ХАБИБУЛЛИН Ф. Ф., ДИХТЯРЕНКО А. А. Проектирование приводов мехатронных устройств на базе пространственных 4R механизмов.....	79
 <b>Секция 3. Технологии получения и обработки новых материалов и покрытий</b>	
БЕШЕВА Е. А., МИТКЕВИЧ А. В. Повышение конкурентоспособности насосов «Ручеек» за счет использования композиционных материалов.....	80
БОРОВОЙ В. Ю. Термоактивация как способ повышения белизны силикатной эмали.....	81
ГРЯЗНОВ А. П., ПЕТРОВ В. И., СОЛДАТОВА Е. А. Технология микродугового оксидирования для формирования покрытий на 3D-титановых имплантатах.....	82
ЖИЛЬЦОВА Е. Е., ЮРТАЕВА А. А. Исследование процесса извлечения железа из красного шлама.....	83
ЗАЙЦЕВА А. Д., РУБЛЕВА С. А. Разработка комплексной концепт-технологии переработки диопсида.....	84
ЗАХРОВА Д. С., ВЕТРОВА М. А. Получение катализаторов нитрида углерода.....	85
КУПРЯШОВ А. В. Анализ метода получения тонкодисперсного графитового порошка электросинтезом на переменном токе.....	86
ЛЮБУШКИН Т. Г., НОСОВА Т. И. Влияние концентрации серной кислоты на эффективность извлечения титана из псевдобрукита.....	87
МАРКЕЛОВА О. А. Скэффолд-покрытия на основе порошков магний- и цинкзамещенных фторгидроксиапатитов .....	88
ОЛЕНЦЕВИЧ А. С., САПЕГО В. В., СЕЛИВАНОВА Ю. В. Механически легированные материалы на основе системы железо-алюминий-хром.....	89

УДК 338.1  
**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ БЮДЖЕТНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ КАК ФАКТОР  
 СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ГОРОДА СМОЛЕНСКА**

**А. А. ЮНЯШИН**

Научный руководитель А. А. ТЮТЮННИК, канд. экон. наук, доц.  
 Филиал «Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
 в г. Смоленске  
 Смоленск, Россия

Эффективность бюджетного планирования и степень оптимизации бюджетных расходов являются важнейшими факторами динамичного экономического и социального развития как государства, так и региона, муниципального образования. Однако наиболее приближенным к местным проблемам граждан является бюджет муниципального образования, например бюджет г. Смоленска. Стоит отметить, что в последнее время наблюдается совершенствование механизма бюджетного планирования на всех уровнях власти. Однако испытание внедренных инноваций, в первую очередь механизма внесения изменений в бюджет, пришлось именно на 2020 г., на протяжении которого Российская Федерация столкнулась с пандемией новой коронавирусной инфекции (COVID-19). Обратимся к бюджету г. Смоленска для выявления совершенствований в данном механизме.

В первую очередь необходимо отметить, что основой для формирования проекта бюджета г. Смоленска послужили прогноз социально-экономического развития города, а также экспертные мнения, корректирующие данный прогноз с учетом вероятных последствий пандемии COVID-19 и ограничений, вызванных ей.

Одной из наиболее эффективных политик в осуществлении заимствования в бюджет муниципального образования является политика, направленная на рефинансирование ставок по предоставленным кредитным ресурсам, а также на привлечение остатков средств бюджетных учреждений для покрытия временных кассовых разрывов. Так, при использовании данной политики Администрацией г. Смоленска были сокращены расходы на обслуживание муниципального долга в 2020 г. на 55 млн р.

Таким образом, совершенствование бюджетного планирования возможно рассматривать как фактор социально-экономического развития. При этом следует отметить, что для достижения наибольшей эффективности от совершенствования данного механизма необходим комплексный подход, состоящий из таких элементов, как интегрирование мониторинга эффективности обеспечения своевременного и в полной мере поступления в бюджет муниципалитета доходов, в первую очередь налоговых, укрепление платежной дисциплины как организаций, расположенных на территории муниципалитета, так и граждан, проживающих на его территории, совершенствование информационной политики, обеспечение реалистичности и достоверности бюджетных проектировок, оптимизация расходной части бюджета, а также оптимизация муниципальных долговых обязательств.

УДК 338.1

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ  
ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ ГОРОДА СМОЛЕНСКА  
В РАМКАХ МУНИЦИПАЛЬНЫХ И ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОГРАММ

А. А. ЮНЯШИН

Научный руководитель А. А. ТЮТЮННИК, канд. экон. наук, доц.  
Филиал «Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
в г. Смоленске  
Смоленск, Россия

Эффективная система жизнеобеспечения является важнейшим элементом инфраструктуры любого населенного пункта, в особенности города. В первую очередь работа таких отраслей направлена на удовлетворение запросов граждан, в первую очередь в следующих областях: повышение качества и надежности предоставления жилищно-коммунальных услуг; улучшение жилищных условий; обеспечение жильем отдельных категорий граждан; повышение доступности транспортных услуг и улучшение работы общественного транспорта. Однако остановимся на первых двух областях и рассмотрим их в рамках бюджетных ассигнований муниципального бюджета, а также различных муниципальных, инвестиционных и производственных программ.

Необходимо отметить, что в настоящее время на территории Смоленска создана система жизнеобеспечения, поэтому при создании различных программ, а также при бюджетном планировании учитывается преимущественно два аспекта: техническое перевооружение, капитальный и текущий ремонт объектов коммунального хозяйства, входящих в систему жизнеобеспечения города; расширение системы жизнеобеспечения города при введении в эксплуатацию новых жилых строений, различных нежилых помещений, строений.

Таким образом, обеспечение эффективного функционирования системы жизнеобеспечения можно рассмотреть с позиции двух аспектов: технического перевооружения, капитального и текущего ремонта объектов коммунального хозяйства, входящих в систему жизнеобеспечения города, а также расширения системы жизнеобеспечения города при введении в эксплуатацию новых жилых строений и различных нежилых помещений, строений. В рамках первого аспекта наиболее эффективным является создание инвестиционных и производственных программ организаций коммунального комплекса с учетом возможных рисков, связанных с недостатком оборотных средств, а также с нестабильностью и неоднородностью современной экономико-политической ситуации. Также необходимо отметить, что в настоящее время высокую актуальность приобретает проблема некачественной питьевой воды, влекущей ряд нежелательных последствий для здоровья жителей города. Для ее разрешения необходимо включиться в региональный проект «Чистая вода» и увеличить объем бюджетных ассигнований, выделенных на данный проект. При соблюдении всех описанных подходов постепенно уменьшится необходимость в капитальном ремонте системы жизнеобеспечения г. Смоленска, что позволит увеличить финансирование других не менее важных муниципальных программ.

ПОДСОСОННАЯ А. Д. Исследование биоактивности кальций-фосфатной керамики, полученной методом 3D-печати.....	90
РОГОЖИНА Е. А. Использование компьютерной томографии при оценке напряженно-деформированного состояния композита.....	91
САБИРОВА А. Д., АВРАМЕНКО С. М. Модификация композитных материалов в сверхкритической флюидной среде.....	92
СМИРНОВА В. Э., КАЛАШНИКОВА Е. И., ВОЗНЯКОВСКИЙ А. А., ЭЙСЫМОНТ Е. И. Прочностные характеристики полимерных композиционных материалов состава фотополимерная смола/малослойный графен, полученных DLP-методом 3D-печати .....	93
ФЕДОСЕНКО А. С. Механически легированный порошок на основе алюминия для аддитивных технологий .....	94
ШИДЛОВСКАЯ Д. В., ШИЁНОК Ю. В. К вопросу моделирования генерации плазмы в разрядной камере источниках заряженных частиц с плазменным эммитером .....	95

#### Секция 4. Новые технологии в сварочном производстве

БОБКОВ Н. К., БОЛОТОВА Е. Л. Контроль температуры тела трубы при сварке магистральных трубопроводов .....	96
БУРЕЙ И. М., ШУКАН Н. М., ДОЛЯЧКО В. П. Изготовление изделий из алюминиевых сплавов методами дуговой аддитивной наплавки.....	97
НАУМОВЕЦ И. А., МАЛАШЕНКО Л. С. О выборе параметров режима рельефной сварки с адаптивным управлением мощностью тепловложения.....	98
НИКУЛИН В. Е., ЛЕВЧЕНКО А. М. Определение остаточных сварочных напряжений при подводной мокрой сварке высокопрочной стали.....	99
РЕЕНТОВИЧ П. А., КУКУШКИН Е. Д. Разработка программного обеспечения для реализации методики расчета основных параметров режима контактной рельефной сварки Т-образных соединений.....	100
ФЕТИСОВА Е. А., КОРОТЧЕВА А. А. Влияние введения гексафторида серы в защитную атмосферу при сварке на уровень дефектности сварного шва.....	101
ШУКАН Н. М., ЖАРИКОВ А. Н. Технология сварки трубопровода с внутренним полимерным покрытием .....	102
ЮМАНОВ Д. Н., КОРОЛЕВ Е. М. Особенности формирования соединений при рельефной сварке с программным управлением мощностью тепловложения .....	103

### Секция 5. Транспортные и технологические машины

КОДНЯНКО Е. В. Причины изнашивания армировки шахтного ствола.....	104
КУРОЧКИН Н. В., БУКАРЬ Н. С. Технологический комплекс механической переработки отработанных автомобильных покрышек.....	105
КУРОЧКИН Н. В., ПЕХТЕРЕВ Р. А. Молотковая дробилка для переработки автомобильных покрышек.....	106
ЛАСОЦКИЙ В. В., ЛАПИКОВА Н. И. К вопросу взаимодействия грунтозацепов колесных и гусеничных движителей с грунтом.....	107
СОТНИК Л. Л., ВИННИЧЕК К. С. Оценка влияния частоты вращения эксцентрикового вала на процесс измельчения.....	108
ТИЩЕНКОВ Н. М. Декантерная центрифуга для утилизации нефтешлама.....	109
ХАРИТОНОВ Ю. М., КУЧЕРЕНКО А. В. Многоцелевой технологический аппарат с волновой рабочей камерой.....	110
ЩУКИН Д. А. Оценка технологических возможностей многоцелевого пружинного аппарата.....	111

### Секция 6. Проектирование, производство и эксплуатации автомобильного транспорта

ДМИТРИЕВА А. С. Влияние колебаний на тормозные свойства автомобилей.....	112
ЗЕНЬКОВ В. А. Направления снижения затрат на содержание автотранспортных средств в исправном состоянии.....	113
КОРЯКОВСКИЙ А. Н., СМИРНОВ П. И. Разработка методики определения эффективного срока эксплуатации лесозаготовительной техники АО «ЛПК «Кипелово».....	114
МИГУРСКИЙ Г. С., ПОНОМАРЕВА О. А. Идентификация колебаний на сиденье водителя колесного трактора на основании силового анализа.....	115
МОИСЕЕВ Е. А., БИЛЫК О. В., БИЛЫК С. Ю. Исследование ударного нагружения шкворня седельно-сцепного устройства в процессе торможения магистральной АТС.....	116
СВЕЧИНСКИЙ С. А. Рационализация процесса осмотра ТС при выезде на линию и повышение эффективности предсменных осмотров.....	117
СОКОЛОВ Л. Ю., СМИРНОВ П. И. Разработка методики формирования оптимального парка техники АО «ЛПК «Кипелово».....	119

УДК 004.9

### АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И ВНЕДРЕНИЯ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ С КЛИЕНТАМИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

А. А. ЮНЯШИН

Научный руководитель А. А. ТЮТЮННИК, канд. экон. наук, доц.  
Филиал «Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
в г. Смоленске  
Смоленск, Россия

В настоящее время для успешного ведения любой деятельности в малом бизнесе в сфере услуг желательно активно использовать сеть интернет для продвижения собственных товаров и услуг. Это можно сделать как с помощью различных социальных сетей, так и с помощью создания собственного веб-приложения. При этом организация столкнется с рядом трудностей, которые на первоначальном этапе внедрения веб-приложения могут оказать весьма негативное влияние на всю деятельность организации в целом.

Веб-приложение должно представлять интересы и ассортимент предлагаемой продукции организации в сети Интернет, поддерживать его положительный и современный имидж, отвечать запросам клиентов, знакомить потенциальных клиентов с реализуемой продукцией организации. Также веб-приложение должно осуществлять возможность заказа онлайн, знакомить потенциальных клиентов с ассортиментом реализуемой продукции, полным описанием данной продукции, а также осуществлять полную информационную и консультационную поддержку потенциальных клиентов.

При разработке веб-приложения следует учесть определенный функционал данного приложения, который позволит клиентам осуществлять заказ гораздо проще и быстрее. Одной из таких особенностей веб-приложения должна быть его полная мобильность и возможность осуществления заказа через мобильные устройства. Также клиент может поручить осуществление заказа своим директорам торговых точек или старшим продавцам, которые могут каждый по отдельности осуществлять заказ необходимой им продукции, а производственная организация будет собирать такие различные заявки одного клиента, формировать их и осуществлять, выставляя при этом единый счет по клиенту, но формируя разные заявки для каждой торговой точки.

Таким образом, благодаря автоматизации с помощью веб-приложения появится возможность заключения сделок гораздо быстрее и сделает этот процесс более удобным для потенциальных клиентов. Использование веб-приложения позволит анализировать данные и помогать принимать управленческие решения в будущем по вопросу проведения рекламных кампаний и стимулирования продаж. В итоге, веб-приложение сократит время на заключение сделок и повысит гибкость и оперативность поступления заявок, что в конечном счете увеличит выручку производственной организации малого бизнеса.

УДК 338.2

ПРОБЛЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ УПРАВЛЕНИЯ  
 КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬЮ ТЕКСТИЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

ЧЕНЬ ЧАО, А. О. ЛЕГИНА  
 Научный руководитель О. Д. МАКАРЕВИЧ  
 Белорусско-Российский университет  
 Могилев, Беларусь

Конкурентоспособность белорусского текстильного предприятия является важной характеристикой успешности предприятия на рынке, возможности проведения расширенной воспроизводственной деятельности и долгосрочного развития, минуя экономические кризисы. В настоящее время предприятиями текстильной отрасли Беларуси предпринимается ряд мер, цель которых повышение эффективности деятельности, эффект от которых незначительный, либо не получен вообще. Причиной отсутствия эффекта является недостаточное использование аналитического инструментария для оценки оперативных, тактических и стратегических решений в области конкурентоспособности предприятия. В этом случае необходимо выработать комплексный подход, что привело к необходимости данного исследования.

В рамках предлагаемой модели управления конкурентоспособности текстильного предприятия на начальном этапе используются базовые положения науки управления конкурентоспособностью продукции. С этой целью предлагается использовать общеизвестный инструментарий: ABC- и XYZ-анализ, матрицу БКГ, параметрический анализ и т. д. В рамках исследования конкурентоспособности текстильной продукции был изучен портфель продукции ОАО «Моготекс» с помощью матрицы БКГ, который оказался несбалансированным. Результаты анализа показали следующее: к «дойным коровам» относятся хлопчатобумажные и шелковые ткани; к категории «звезды» не относятся ни один вид продукции; к категории «трудный ребенок» относятся льняные ткани, прочие виды одежды; к «гонимым собакам» относятся большинство ассортиментных позиций: трикотажные полотна, готовые текстильные изделия, нетканые текстильные материалы, прочие текстильные изделия, спецодежда, прочая верхняя одежда. Таким образом, проведенный анализ показал, что ОАО «Моготекс» необходимо разработать и принять меры по совершенствованию ассортимента выпускаемой продукции, достижению сбалансированности портфеля продукции, в том числе за счет разработки новых видов продукции и модификации уже существующих.

Изучение опыта функционирования белорусских текстильных предприятий показал, что в последнее время отечественным предприятиям будет достаточно сложно существовать на рынке, сохраняя определенные позиции без внедрения эффективной модели поддержки уровня конкурентоспособности, разработка которой позволит избежать системных ошибок при внедрении зарубежного или отечественного опыта повышения конкурентоспособности с учётом особенностей исторического развития.

ЮШКЕВИЧ А. В., ПЕТРЕНКО М. Л., МЕЛЬНИКОВ А. С. Системы активной безопасности, адаптивные к конструкции дорожного мотоцикла «Минск»..... 120

**Секция 7. Инновации в строительстве**

- АЛЕКСАНДРОВ В. А., ШИЛО А. А. Технические решения по восстановлению железобетонных многопустотных плит покрытия..... 121
- АТРАШЕНКО В. П., ЛОБИКОВА О. М. Энергоэффективные конструкции фундаментов в малоэтажном домостроении в Беларуси.... 122
- ГОЛУШКОВ А. М. Повышение ударопрочности резинового покрытия при низких температурах..... 123
- ГУСЕВА А. А. Использование инновационных технологий при реконструкции детских садов..... 124
- ДУДОРГА В. А. Статический расчет серийных плит дорожного покрытия методом Б. Н. Жемочкина..... 125
- КОТОВ Ю. Н. Плоская деформация фундаментной плиты при условии ограничений её осадок..... 126
- ЛУЗЯНИН Д. О. Инновационные способы сохранения объектов культурного наследия Вологодской области ..... 127
- МЕЛЬЯНЦОВА И. И. Взаимосвязь прочностных характеристик заполнителя и прочности высокопрочного керамзитобетона..... 128
- МИХАЛЬКОВ А. Д. Механоактивация кварцевого песка в вертикальной вибрационной мельнице..... 129
- ОРЛОВСКИЙ П. С. Анализ существующих норм и требований в области проектирования и эксплуатации объектов нефтепродуктообеспечения..... 130
- СВИРСКАЯ М. В. Полипропиленовая фибра для армирования керамзитобетона..... 131
- СИРОШ К. А. Использование вариационно-разностного метода в расчете перекрестных лент на упругом слое переменной толщины..... 132
- ШЕМЕТОВА О. М. Технологические линии в производстве сухих строительных смесей..... 133

**Секция 8. Автоматизация, электропривод, электрооборудование**

- МАВРИН А. И. Использование тиристоров в качестве блока выпрямителя для станций быстрой зарядки электромобилей..... 134
- ПАРХОМЕНКО К. И., ПОПОВ В. Б. Механизм движения слитка при непрерывном горизонтальном литье..... 135
- ТРЕТЬЯКОВ А. С., ДАВЛЕТБАЕВ Р. Я. Разработка лабораторного комплекса для исследования преобразователей частоты..... 136

ТРЕТЬЯКОВ А. С., КАПИТОНОВ О. А. Разработка алгоритма идентификации параметров схемы замещения асинхронного электродвигателя.....	137
ТУРКИН П. В. Анализ кондуктивных помех на объектах электроэнергетики.....	138
ФЕДОТОВ В. В. Разработка и сравнение вариантов построения идентификатора скорости асинхронного двигателя.....	139

### **Секция 9. Методы и приборы контроля качества продукции и природной среды**

ГАЛКОВА А. Д., СЕМЕНИХИНА С. К. Обеспечение качества формования изделий из углепластиков на основе термопластов.....	140
ГЕРАСИМЕНКО Н. В. Исследование водопоглощения жесткого пенополиуретана.....	141
ГОРДЕЕВА А. С., ЕРМОЛОВ Б. В., ПЛОТНИКОВ М. Е. Ультразвуковой контроль криволинейных объектов с применением печатных протекторов.....	142
КАСЬМИН В. Ю. Совершенствование маятниковой системы контроля физико-механических параметров поверхности.....	143
КАСЬМИН В. Ю., КРАСНЕВСКИЙ Д. Ю., ПАРИЗА И. А. Разработка устройства индикации на адресных светодиодных лентах.....	144
МИКИТЕВИЧ В. А., ПАНТЕЛЕЕВ К. В. Контроль состояния поверхности металла зондом Кельвина.....	145
МИРЕНКОВА Я. И. Расчет магнитостатического поля дефекта на поверхности ферромагнитного объекта с покрытием.....	146
ПАНТЕЛЕЕВ К. В., МИКИТЕВИЧ В. А. Формирование электропотенциального рельефа алюминиевого сплава после локального деформирования.....	147
ПОПЕЛЕВ А. Д. Автоматизированный сканер для ультразвукового контроля угловых сварных швов патрубков.....	148

### **Секция 10. Информационные технологии**

БАРЫГИН А. С., БАРАНОВСКИЙ А. А., САДОВСКИЙ В. Т. Веб-платформа для удаленного изучения дисциплин выпускающей кафедры университета.....	149
ВИТЕЛЮЕВА А. А. Интеллектуальная аутентификация клиентов на базе нейросетевых библиотек обработки данных.....	150
ВИТЕЛЮЕВА А. А. Оптимизация алгоритма горячего старта при использовании динамической нейросетевой модели.....	151
ГАНЖИН П. С., ПЛИСКО И. Г., ТИМАШКОВА Л. А. Информационная система прогнозирования рейтинга университета.....	152

УДК 656.07

## **ПРОБЛЕМЫ ВНЕШНЕЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РЕГИОНАЛЬНОГО ТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

Н. К. ЧАН

Научный руководитель С. А. АЛЕКСАНДРОВА

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

В условиях экономической глобализации все более перспективным для транспортных компаний различных масштабов становится направление развития, предусматривающее, кроме основной, деятельность на внешних рынках. Причем ввиду широкого многообразия способов достижения высокого уровня интеграции в международные логистические процессы ведение внешнеэкономической деятельности может быть эффективно также и для региональных предприятий, которые всегда остро нуждаются в резервах повышения прибыли. Однако часто такие предприятия, имея как необходимые ресурсы, так и потенциал развития в данном направлении, по ряду причин либо отказываются от данного метода, либо реализовывают его недостаточно эффективно.

Объектом исследования являлось региональное автотранспортное предприятие – филиал «Автобусный парк № 3 г. Орша» ОАО «Витебск-облавтотранс», которое предоставляет услуги по пассажирским перевозкам общественным транспортом. Внешнеэкономическая деятельность филиала представлена услугами по грузовым и пассажирским международным перевозкам. Оценка эффективности международных перевозок в рамках исследования была произведена по следующим показателям: количество используемых транспортных средств, грузо- и пассажирооборот, выручка (ее состав), количество выручки, приходящейся на единицу транспортной работы.

В процессе анализа было выявлено, что для предприятия характерно снижение доли международных перевозок в общей структуре выручки. Причем показатель оставался на достаточно низком уровне на протяжении всего периода, в том числе за счет уменьшения самой выручки от данного вида деятельности (уменьшение выручки по грузовым перевозкам повлияло на общий итог намного больше, чем увеличение ее по пассажирским перевозкам).

Таким образом, внешнеэкономическая деятельность Автобусного парка может быть охарактеризована как недостаточно эффективная. Уменьшается количество машин, выделяемых для международных перевозок, уменьшается объем оказываемых услуг, соответственно, уменьшается и выручка, получаемая предприятием. Филиал остро нуждается в резервах повышения прибыльности и, в таком случае, выбор направления интеграции в международные логистические процессы должен стать приоритетным направлением дальнейшего развития. В силу социальной значимости основной деятельности предприятия, работа на внешних рынках должна быть построена таким образом, чтобы не стать катализатором для уменьшения качества услуг на внутреннем рынке.

УДК 33:004

## ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЦИФРОВИЗАЦИИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ КИТАЙСКИХ СТРАХОВЩИКОВ

ЦАЙ ЮНЬСЯО

Научный руководитель Т. А. ВЕРЕЗУБОВА, д-р экон. наук, проф.

Белорусский государственный экономический университет  
Минск, Беларусь

В эпоху цифровизации современного общества китайские страховщики широко используют открывшиеся возможности инвестирования временно свободных средств страховых резервов, обеспечивающие не только сохранность финансовых ресурсов, но и их быстрое преумножение с помощью новейших технологий связи, анализа и хранения данных, что укрепляет доверие страхователей как крупных промышленных компаний, так и населения.

Страховые компании повсеместно переходят на использование цифровых платформ не только в продвижении своих продуктов страхователям, но и для выбора объектов инвестиций. Так, в 2017 г. компания China Life Assets внедрила инвестиционную платформу «искусственный интеллект +», что позволило расширить всестороннюю обработку доступных данных, использовать инновации в моделях управления инвестициями и в результате повысить их доходность. Суть этой платформы состоит в ее функционировании на основе использования технологии больших данных и цифровой обработки традиционной инвестиционной информации. В результате созданный центр больших данных для инвестиционных исследований, использующий технологию искусственного интеллекта для глубокого изучения отобранной ценной информации, позволил обосновать принимаемые решения по рисковым инвестициям, делая их более безопасными.

В 2018 г. в страховой компании Ping An Asset Management был также реализован инновационный проект по интеллектуальному поиску по 100 тыс. внутренним и внешним исследовательским отчетам, анализу 1 млн диаграмм, обобщению данных более 50 групп We Chat и более 200 публичных аккаунтов We Chat, приложений и веб-служб одновременно. Ключевыми технологиями при этом послужили поисковые роботы, механизмы анализа, понимания документов, таблиц и т. д., что позволило повысить эффективность распознавания информации, ее преобразования, провести классификацию и индексацию данных.

Сочетание финансовых технологий и бизнеса по управлению активами значительно расширяет возможности по исследованию инвестиционного рынка, усиливает жизнеспособность и креативность управления активами, а также предоставляет новые площадки для технологических приложений и повышает ценность принятия управленческих решений.

КОВАЛЕВ М. А., ПЛИСКО И. Г., ТИМАШКОВА Л. А. Информационная система учета научной работы сотрудников кафедры.....	153
КОВАЛЕВ Н. С. Система интеллектуальной поддержки безопасности эксплуатируемых уязвимостей Rubber Ducky.....	154
КОВАЛЕВ Н. С. Система нейронной поддержки клиентов в продукции Microsoft Office.....	155
КОВАЛЕНКО А. М. Повышение вероятности правильной идентификации объектов воздушной разведки на цифровых изображениях.....	156
ПЛОТНИКОВ А. А., САДОВСКИЙ В. Т. Виртуальная лаборатория для удаленного изучения телекоммуникационных систем.....	157
СЕМЕНЧЕНЯ Т. С., КУРОЧКА К. С. Задача локализации межпозвоночных дисков в условиях ограниченности вычислительных ресурсов.....	158
СКРЫЛЕВ Н. П., ЖЕЛЯБИДКО К. А. Разработка информационно-аналитической системы управления запасами предприятия.....	159
УКОЛОВ С. О. Программирование веб-приложения «Калькулятор доходов и расходов».....	160
ШАМΠΑНОВ С. О., ЯМЩИКОВ С. А. Разработка трехмерного игрового приложения «Безопасный дом» для обучения поведению в опасных ситуациях.....	161
ШПАКОВА А. А. Программирование веб-сервиса «Зоопарк».....	162
ЯМЩИКОВ С. А. Компьютерное зрение в неразрушающем контроле.....	163
<b>Секция 11. Инновационная экономика в развитии общества</b>	
АЗАРОВА В. А. Применение методологии NET PROMOTER SCORE (NPS) для оценки уровня лояльности банков.....	164
БОГДАН Я. С., ХЛЕБОВИЧ А. В. Воздействие факторов внешней среды на деятельность предприятий.....	165
БРЕЗИНА А. Н. Бизнес-аналитик: его роль и функции в развитии современной организации.....	166
БУЛЫГИНА О. В. Имитационная модель формирования портфеля инновационных проектов.....	168
ВЕРЕЙКИНА Е. К. Анализ проблем функционирования и внедрения веб-приложений для автоматизации процесса взаимоотношения организации с клиентами и пути их решения.....	169
ВЕРЕЙКИНА Е. К. Внедрение и использование облачных сервисов для управления ИТ-проектами в сфере малого бизнеса.....	170
ВЕРЕЙКИНА Е. К. Проблемы становления инновационной политики в регионах Российской Федерации и пути их решения.....	171

ВЫРВИЧ А. Н. Оценка экспортной устойчивости и совершенствование экспортной деятельности ЗАО ОПТФ «Світанак».....	172
ГОРОХ К. А. Диагностика финансового состояния в системе эффективного управления организацией .....	173
ДИКАЛОВА К. А. Валовая добавленная стоимость как критерий оценки эффективности инвестиционных процессов.....	174
НАРКЕВИЧ Е. А. Перспективный анализ логистической системы распределения продукции организации.....	175
НИПАТРУК Д. А. Повышение эффективности кредитной политики ОАО «Моготекс».....	176
ПАНЬКОВА А. И., КУРЗАКОВА Е. А. Инновации в сельском хозяйстве Республики Беларусь: на примере ОАО «Гастелловское»....	177
ПЕРЕПЕЧКИН П. А. Анализ проблем разработки, внедрения и функционирования веб-приложений для автоматизации процесса взаимодействия организаций по производству ювелирных украшений с клиентами.....	178
ПЕРЕПЕЧКИН П. А. Проведение аудита как метода повышения уровня экономической безопасности организации.....	179
ПЕРЕПЕЧКИН П. А. Современные тенденции разработки бизнес-плана.....	180
СТЕПАНОВА В. В. Диагностика обновления основных средств в управлении организацией.....	181
СТЕПАНОВА М. А. Обоснование малозатратных технологий модернизации и реконструкции оборудования организации.....	182
СЫ ХОНГБО, КОЙДА О. С. Использование аналитических инструментов для развития экспортной деятельности производителя лифтов.....	183
ТАТАРИНОВА Ю. Д. Совершенствование упаковки товара.....	184
УКОЛОВ С. О. Показатели эффективности веб-сайта.....	185
ФАТАЛИЕВА Е. В. Алгоритм принятия решений для осуществления эффективной деятельности предприятия.....	186
ХАРЛАМОВ П. С. Контроллинг в системе регионального управления.....	187
ХАРЛАМОВ П. С. Совершенствование механизма управления муниципальными финансами.....	188
ХАРЛАМОВ П. С. Создание инновационной среды сельскохозяйственных организаций и товаропроизводителей.....	189
ЦАЙ ЮНЬСЯО. Инновационные технологии в цифровизации инвестиционных процессов китайских страховщиков.....	190
ЧАН Н. К. Проблемы внешнеэкономической деятельности регионального транспортного предприятия.....	191

УДК 338.1

## СОЗДАНИЕ ИННОВАЦИОННОЙ СРЕДЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ И ТОВАРОПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

П. С. ХАРЛАМОВ

Научный руководитель А. А. ТЮТЮННИК, канд. экон. наук, доц.

Филиал «Национальный исследовательский университет «МЭИ»

в г. Смоленске

Смоленск, Россия

Эффективность всех экономических процессов зависит от проводимых государственной и региональной политик в области инновационного развития всех хозяйствующих субъектов, регионов и местных образований. Указанное является основой для создания концепций формирования инновационной среды в отдельных организациях, на территории региона и государства. Концепции инновационного развития сельскохозяйственной отрасли и отдельных организаций описывают ряд проблем. Во-первых, отсутствие мотивирования у сельскохозяйственных организаций и товаропроизводителей на инновационное поведение и развитие. Во-вторых, на территории Российской Федерации отмечается довольно низкое предложение технических инноваций, ограниченность инновационных организационно-экономических мер. В связи с этим большое значение приобретает именно административный ресурс, способный эффективно повлиять на сельскохозяйственных товаропроизводителей в области инновационного развития. В первую очередь это достигается путем совершенствования нормативно-правовой базы и развития образовательной, научно-исследовательской деятельности.

Однако основной акцент при формировании инновационной среды в сельскохозяйственной отрасли с учетом вышесказанного должен делаться на организационно-экономические меры, среди которых особую важность имеют:

- 1) создание целевых программ и проектов, направленных на создание инновационной среды в сельскохозяйственной отрасли на государственном, региональном и муниципальном уровнях;
- 2) предоставление субсидий, налоговых льгот и выделение целевых ассигнований для организаций в данной экономической отрасли;
- 3) создание научно-технических центров и научно-промышленных кластеров на территории основных сельскохозяйственных регионов;
- 4) поощрение и субсидирование малого инновационного бизнеса в отрасли, в том числе путем развития существующих фермерских хозяйств;
- 5) консультирование в области управления и инновационного развития сельскохозяйственных организаций и товаропроизводителей.

Также возможным и эффективным путем формирования инновационной среды является использование организационных стратегий, в первую очередь на региональном уровне управления; создание конкурентной среды на рынке сельскохозяйственной продукции, направленной на достижение положительных результатов от инновационной среды для сельскохозяйственных организаций и товаропроизводителей.

УДК 336.1

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕХАНИЗМА УПРАВЛЕНИЯ  
МУНИЦИПАЛЬНЫМИ ФИНАНСАМИ**

**П. С. ХАРЛАМОВ**

Научный руководитель А. А. ТЮТЮННИК, канд. экон. наук, доц.  
Филиал «Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
в г. Смоленске  
Смоленск, Россия

В настоящее время механизм управления муниципальными финансами соотносится с формированием бюджета муниципального образования (городского округа, городского или сельского поселения, муниципального района). Однако указанный механизм недостаточно отлажен, вследствие этого возможны случаи отсутствия достаточного финансирования основных направлений государственной и региональной политик, неэффективной работы сотрудников администраций муниципальных образований, служащих.

Выделим основные проблемы существующего механизма управления муниципальными финансами. Во-первых, существующие кризисные тенденции экономики, незапланированные процессы и события приводят к необходимости внесения срочных изменений в систему распределения бюджетных средств, переориентации имеющихся ресурсов. Во-вторых, наблюдается несоответствие ожидаемых, плановых поступлений, формирующих доходную часть бюджета, реальным поступлениям, что приводит к недостатку финансирования ключевых направлений реализуемой политики. С учетом указанных проблем необходимо повышать гибкость существующего механизма управления муниципальными финансами, снижать уровень зависимости от регионального и федерального бюджетов и ориентироваться на собственные доходы.

Стоит отметить, что современный этап развития рассматриваемого механизма предполагает развитие методической и нормативно-правовой базы оценки эффективности управления муниципальными финансами. В рамках данного направления внедряется оценка качества исполнения бюджета, совершенствуется технология оценки эффективности принимаемых управленческих решений, используется прогнозирование финансовых потоков и рациональная статистическая обработка данных.

С учетом вышесказанного, на наш взгляд, эффективными путями совершенствования существующего механизма управления муниципальными финансами являются:

- 1) оптимизация расходной части бюджета, повышение экономии денежных средств;
- 2) использование более эффективных мер планирования работы с муниципальными финансами;
- 3) поиск новых источников пополнения бюджета муниципального образования, развитие старых;
- 4) расширение аналитических возможностей для обеспечения механизма управления муниципальными финансами, оптимизации денежных потоков.

ЧЕНЬ ЧАО, ЛЕГИНА А. О. Проблема моделирования управления конкурентоспособностью текстильных предприятий.....	192
ЮНЯШИН А. А. Анализ проблем функционирования и внедрения веб-приложений для автоматизации процесса взаимоотношения организации с клиентами и пути их решения.....	193
ЮНЯШИН А. А. Обеспечение эффективного функционирования системы жизнеобеспечения города Смоленска в рамках муниципальных и инвестиционных программ.....	194
ЮНЯШИН А. А. Совершенствование бюджетного планирования как фактор социально-экономического развития города Смоленска....	195

**Секция 12. Проблемы и перспективы развития гуманитарного образования в высшей школе при подготовке специалистов технико-технологического профиля**

КРОВОТА А. Г., САКОВИЧ М. Д. Новые подходы к привлечению абитуриентов на инженерно-экономический факультет .....	196
МАСЛОВА К. С. Развитие общекультурных компетенций при изучении гуманитарных дисциплин студентами технических специальностей.....	197
САКОВИЧ М. Д. Выбор методики оценки конкурентных позиций инженерно-экономического факультета на рынке образовательных услуг .....	198
ШАРАПОВА Е. В. Лингвокультурологический анализ социально-бытовой сказки в иноязычном образовании учащихся.....	199

## КОМПЛЕКСНАЯ МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ РАСКРОЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Д. А. ДЕНИСЕВИЧ

Научный руководитель А. И. ЯКИМОВ, д-р техн. наук, доц.  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Оптимизация раскройного производства проводится в первую очередь для снижения суммы общих затрат и, в конечном итоге, снижения цены на готовую продукцию. Достигается благодаря использованию комплексной автоматизации производства (рис. 1).



Рис. 1. Комплексная модель оптимизации производства

Инженер осуществляет выполнение и контроль производственных процессов, формирует портфель заказов, отчеты за период времени. Результатом процесса «Планирование» является план-график производства материала определённого вида и план выполнения заказов (выборка заказов) в период времени. На этапе «Производство материала» изготавливается материал, из которого будет произведена продукция, согласно плану выполнения заказов.

Для реализации процесса «Проектирование карты раскроя» необходимо приложение, состоящее из следующего функционала:

- строит карты раскроя по заданным исходным данным согласно выбранному алгоритму для построения;

## КОНТРОЛЛИНГ В СИСТЕМЕ РЕГИОНАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ

П. С. ХАРЛАМОВ

Научный руководитель А. А. ТЮТЮННИК, канд. экон. наук, доц.  
Филиал «Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
в г. Смоленске  
Смоленск, Россия

Планирование и контроль являются основой регионального контроллинга, а также основой управления социально-экономическим развитием региона. Исходя из системы бюджетов, данные элементы способствуют определению эффективных и перспективных путей социально-экономического развития, предотвращению кризисных ситуаций в регионе, распределению бюджетных средств и ресурсов, а также являются базой для проведения анализа эффективности принимаемых управленческих решений.

Черты современной парадигмы планирования деятельности организаций и других хозяйствующих субъектов представлены на рис. 1.

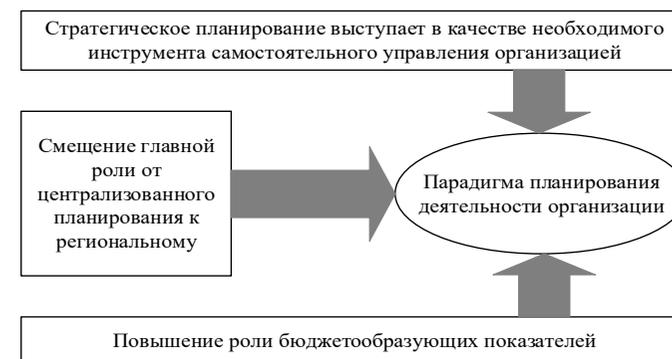


Рис. 1. Современная парадигма планирования деятельности организаций и других хозяйствующих субъектов

Исходя из парадигмы, обозначим, что реформированию системы планирования социально-экономического развития и регионального управления способствует стратегическая концепция планирования, базирующаяся на использовании контроллинга. Указанное достигается путем создания системы индикативного планирования с целью анализа принимаемых управленческих решений для обеспечения устойчивости региональной экономики и реализации эффективной управленческой политики. Система индикативного планирования включает в себя систему показателей для оценки текущего состояния, а также динамики развития субъекта, региона. Соответственно, система позволяет формировать требования к мерам государственного воздействия в рамках государственной и региональной политик.

## АЛГОРИТМ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Е. В. ФАТАЛИЕВА  
 Научный руководитель О. В. ВОЛКОВА  
 Белорусско-Российский университет  
 Могилев, Беларусь

Деятельность предприятия является эффективной в том случае, когда полученный результат позволяет улучшить основные параметры его развития. Для этого необходимо придерживаться трех основных принципов эффективного функционирования: взаимосвязь результатов деятельности с целями и задачами, стоящими перед предприятием; наличие определенных показателей оптимальности, на которые должно ориентироваться предприятие при осуществлении своей деятельности (увеличение доли рынка, повышение уровня конкуренции, улучшение качественных характеристик и др.); учет зависимости деятельности предприятия от факторов внутренней и внешней среды. Для осуществления эффективной деятельности на предприятии необходима разработка определенного алгоритма принятия решений, представленного на рис. 1.

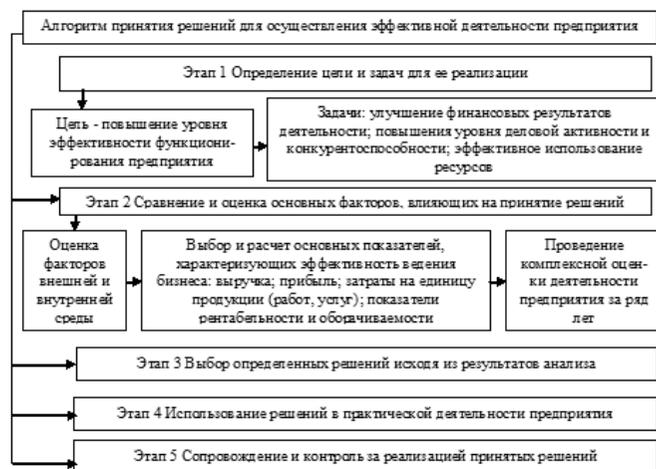


Рис. 1. Алгоритм принятия решений для осуществления эффективной деятельности предприятия

Таким образом, алгоритм принятия решений, связанных с осуществлением эффективной деятельности предприятия является комплексной системой определенных мероприятий, направленных на увеличение результативности деятельности в разных ее направлениях.

– производит расчеты площади листового материала, общей площади изделий, свободной площади как разницу между площадью листового материала и общей площадью изделий, времени работы построения решения, критерия «бесполезный материал» и деловых остатков.

Критерий «бесполезный материал»  $P$  – разница площади прямоугольника, охватывающего все изделия на листовом материале, и суммы площадей изделий.

Деловыми остатками называют прямоугольные листы меньшего размера от раскроя, которые складывают и, в дальнейшем, используют для производства изделий, т. е. тоже раскраивают. Вычисляют как разницу между площадью листового материала и площадью прямоугольника  $D$  (рис. 2).

Задача проектирования карты раскроя является проблемно-ориентированной в компьютерных информационных системах и сводится к задаче поиска оптимальных решений. Особенности такой задачи является нелинейность, много-экстремальность, отсутствие аналитического выражения, высокая размерность пространства поиска. Исследования показывают, что для эффективного решения указанных задач, а именно проектирования карты раскроя, необходимо разрабатывать эволюционные алгоритмы (ЭА) поиска оптимальных решений.

В частности, генетический алгоритм строит карту раскроя с наименьшими отходами по критерию «бесполезный материал» за больший промежуток времени, чем структурные алгоритмы. Однако в производстве время проектирования играет незначительную роль в сравнении с качеством, которое влияет на оптимизацию производственного процесса.

Материал и, в специальном формате, карта раскроя, поступают на участок «Раскрой материала», где осуществляется изготовление изделий.

«Формирование продукции» происходит на заключительном этапе производственного цикла. Производят распределение продукции по заказам, осуществляют контроль качества, вносят параметры в базу данных о выполнении заказа.

Комплексная модель повышает эффективность производства благодаря структурированной очередности выполнения процессов, использованию эволюционных алгоритмов при проектировании карты раскроя, компьютерной системы, управляющей производственным процессом.

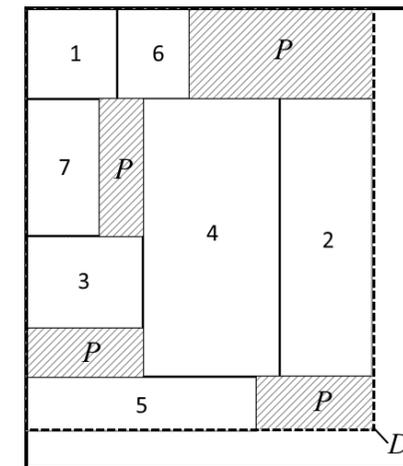


Рис. 2. Карта раскроя листового материала:  $P$  – «бесполезный материал»;  $D$  – прямоугольник, охватывающий все изделия на листовом материале

УДК 691.327.32

## СВОБОДНЫЕ И СТЕСНЕННЫЕ ДЕФОРМАЦИИ УСАДКИ КЕРАМЗИТОБЕТОНА

В. А. РЖЕВУЦКАЯ

Научный руководитель Ю. Г. МОСКАЛЬКОВА, канд. техн. наук, доц.  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Для легкого бетона присущи большие значения усадочных деформаций, чем для равнопрочного бетона на плотном заполнителе, однако результаты многих исследователей зачастую противоречивы [1–4]. Ввиду сложного процесса твердения бетона и большого количества сопутствующих факторов явление усадки керамзитобетона еще не в полной мере обосновано [5].

Учет деформаций усадки бетона является важным параметром при проектировании железобетонных конструкций, т. к. в результате усадки возникают начальные напряжения в бетоне и арматуре. Точную величину начальных напряжений установить проблематично, помимо этого силы сцепления не являются постоянной величиной, а по мере твердения бетона постепенно увеличиваются.

Объект исследования – керамзитобетон (КБ) и керамзитожелезобетон (КЖБ).

Предмет исследования – свободные и стесненные деформации усадки керамзитобетона.

Цели исследования:

- значения относительных деформаций усадки КБ и КЖБ;
- анализ влияния стержневого армирования на деформации усадки.

Основные материалы и состав керамзитобетонной смеси приведен в табл. 1.

Табл. 1. Состав керамзитобетонной смеси для проведения испытаний

Расход на 1 м <sup>3</sup> смеси, кг			В/Ц
Портландцемент марки М500 (активность 48,08 МПа)	Гравий керамзитовый фракции 4...10 мм	Песок речной с $M_k = 2,13$	
428	338	787	0,52

Для исследования стесненных деформаций усадки керамзитобетона использовалась стержневая арматура:

- Ø 16 мм S500 (продольная арматура);
- Ø 6 мм S240 (поперечная арматура).

Для проведения испытаний с целью определения свободных и стесненных усадочных деформаций КБ и КЖБ в металлических формах изготавливались опытные образцы в виде призм размером 150 × 150 × 600 мм.

УДК 621.9

## ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЕБ-САЙТА

С. О. УКОЛОВ

Научный руководитель Е. Н. ШЕРОБУРКО  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Одним из способов анализа эффективности веб-сайта является исследование поисковой выдачи по целевым запросам. Позиция сайта в результатах выдачи поисковых систем в некоторой степени определяет его эффективность. Она зависит от некоторых факторов, на которые можно влиять, тем самым повышая эффективность функционирования веб-сайта, например: семантика – ключевые фразы, по которым ищется сайт; метатеги и заголовки – элементы HTML-вёрстки, имеющие важное значение в SEO (Search Engine Optimization); ссылочная масса – количество ссылок на сайт, размещенных на внешних ресурсах.

Также эффективность веб-сайта можно анализировать по следующим критериям: содержимое сайта – тексты и их уникальность, цены, информация о компании, оплате, доставке, фотографии, сертификаты и грамоты; удобство пользования – наличие онлайн-консультанта, информативные карточки товара, рейтинг товаров, подсказки у полей и т. д.; технические особенности – адаптация под разные устройства, скорость загрузки, наличие фильтров категорий.

Также основным направлением повышения эффективности сайта является взаимодействие с потенциальным покупателем: способность его заинтересовать, побудить совершить покупку и создать условия для повторной покупки. Например, воронка продаж – это путь, по которому клиент идет к покупке. Однако воронку необходимо выстроить так, чтобы довести человека до оплаты и не потерять его в процессе, а также, по возможности, побудить его повторить покупку. Главная задача – приводить как можно больше людей в воронку и стремиться сохранять высокий процент конверсии на каждом этапе.

На первом этапе, стадии осведомленности, необходимо завоевать доверие посетителя. Это можно сделать с помощью создания информационного контента, например: блог, канал на YouTube или социальные сети.

Второй этап – стадия заинтересованности. На этом этапе необходимо облегчить заинтересованным посетителям возможность связаться или получить необходимую информацию о продукте, посредством подписки на e-mail рассылку.

Следующая стадия – стадия покупки. На этом этапе необходимо убедить посетителя в том, что то, что предлагает сайт, имеет преимущества над конкурентами.

И последняя стадия – стадия постоянного покупателя, готового совершить повторную покупку. На этой стадии необходимо дать лояльным покупателям какие-либо преимущества, которые будут мотивировать их продолжать приобретать продукцию исследуемого предприятия.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПАКОВКИ ТОВАРА

Ю. Д. ТАТАРИНОВА

Научный руководитель Е. Н. ШЕРОБУРКО

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Тема совершенствования упаковки товара является очень актуальной для предприятий и организаций-производителей, т. к. качественная тара – это защита товара от внешних воздействий различных температурных режимов, посторонних запахов, микроорганизмов и т. д. Кроме того, упаковка является способом завоевания доверия покупателей, что дает высокий спрос на товар. Именно обертка дает яркое представление о каком-либо товаре, который сам внешне невыразителен. Желание купить товар вызывает сама упаковка, и именно она заставляет принять решение о покупке.

При исследовании деятельности трех предприятий, выпускающих печенье, был проведен многомерный сравнительный анализ конкурентоспособности брендов по параметру дизайна упаковки. Бренды, которые не являются лидирующими, выполнили свою упаковку в простых и банальных цветовых гаммах, а также сам товар в представленной таре не является таким, чтобы покупатель сразу бросил на него взор. Проанализировав упаковку лидирующего бренда, можно увидеть, что упаковка выполнена в более ярких цветах, что является преимуществом перед покупателем, а также изображения на упаковке являются яркими и красочными, и непосредственно сам товар на упаковке выглядит очень аппетитно. Можно сделать вывод, что все вышеизложенные характеристики влекут за собой покупку данного товара при правильно разработанном дизайне упаковки.

Для правильного совершенствования упаковки следует анализировать визуальные предпочтения и выбор покупателей по цветовой гамме, по расположению текста, а также правильность расположения изображения самого товара. Разрабатывать упаковку стоит с учетом современных тенденций и технологий, делать ее такой, чтобы потребитель не мог бы ее заранее представить, непосредственно использовать необычные материалы или придавать необычно интересные формы и возможности вторичного использования.

Таким образом, можно сказать, что совершенствование упаковки является неотъемлемой частью успешного развития товарной политики предприятия, а также увеличения спроса на этот товар. Обновление упаковки показывает потребителям, что предприятие создает что-то новое и интересное, опираясь на старые разработки данного бренда, и покупателям обязательно хочется приобрести товар-новинку.

Испытания керамзитобетонных образцов-призм проводились в соответствии с [6].

Для армированных образцов в сварном каркасе предварительно выполнялись отверстия, в которые вставлялись стальные переходные штуцеры для определения усадочных деформаций КЖБ [7]. Такой способ определения стесненных деформаций армированного элемента позволяет замерить деформации сжатия в арматуре и деформации растяжения в бетоне.

Деформации КБ и КЖБ фиксировались при помощи индикаторов часового типа (рис. 1). База измерений составила 400 мм.



Рис. 1. Опытный образец для определения деформаций усадки керамзитожелезобетона

Результаты испытаний опытных образцов представлены в табл. 2 и на рис. 2.

Табл. 2. Результаты деформаций усадки керамзитобетона и керамзитожелезобетона

Возраст образцов, сут	Сводные относительные деформации КБ, $\times 10^{-5}$	Стесненные относительные деформации растяжения в бетоне, замеряемые посередине грани образца (КЖБ), $\times 10^{-5}$	Стесненные относительные деформации КЖБ, $\times 10^{-5}$
30	14,03	5,14	9,69
100	29,02	11,59	16,04

По данным табл. 2 очевидно, что на 100 сут стесненные деформации усадки КЖБ уменьшаются на 45 % по сравнению с деформациями свободной усадки КБ, таким образом наличие стержневой арматуры оказывает сдерживающий эффект.

Величина относительных деформаций усадки керамзитожелезобетона на 100 сут составила  $16,04 \cdot 10^{-5}$ , а керамзитобетона –  $29,02 \cdot 10^{-5}$ .



Рис. 2. Свободные и стесненные деформации усадки керамзитобетона

В соответствии с эмпирическими данными наблюдается так называемое условие совместности деформаций, что хорошо согласуется с результатами исследований, полученными в [3].

На основании представленных данных можно сделать следующий вывод: наличие стержневой арматуры оказывает сдерживающий эффект и снижает деформации усадки КЖБ на 45 % по сравнению с усадочными деформациями КБ.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Bremner, T. W.** Lightweight concrete / T. W. Bremner // *Developments in the Formulation and Reinforcement of Concrete*. – 2008. – P. 307–323.
2. **Jeong, J.** Variation of shrinkage strain within the depth of concrete beams / J. Jeong, Y. Park, Y. Lee // *Materials*. – 2015. – Vol. 8, iss. 11. – P. 7780–7794.
3. **Бабич, Е. М.** Конструкции из легких бетонов на пористых заполнителях / Е. М. Бабич. – Киев : Вища школа, 1988. – 207 с.
4. A comparison study of the mechanical properties and drying shrinkage of oil palm shell and expanded clay lightweight aggregate concretes / P. Shafiqh [et al.] // *Materials & Design*. – 2014. – Vol. 60. – P. 320–327.
5. **Rzhevutskaya, V. A.** Shrinkage of expanded clay concrete: A review / V. A. Rzhevutskaya // *AlfaBuild*. – 2020. – Vol. 15, iss. 3. – P. 6.
6. **ГОСТ 24544-81\***. Бетоны. Методы определения деформаций усадки и ползучести. – Переизд. с изм. № 1; введ. 01.01.1982. – Москва: Госстандарт, 1980. – 26 с.
7. **Семенюк, С. Д.** Особенности определения стесненной усадки керамзитожелезобетона / С. Д. Семенюк, Ю. Г. Москалькова, В. А. Ржевуцкая // *Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. Ф. Строительство. Прикладные науки*. – 2020. – № 8. – С. 58–65.

УДК 658.8

#### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АНАЛИТИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ЭКСПОРТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОИЗВОДИТЕЛЯ ЛИФТОВ

СЫ ХОНГБО, О. С. КОЙДА  
 Научный руководитель О. Д. МАКАРЕВИЧ  
 Белорусско-Российский университет  
 Могилев, Беларусь

Проблема распределительной деятельности белорусских предприятий лифтостроения при реализации продукции на зарубежных рынках сейчас приобрела наибольшую актуальность. Важную роль в эффективности такой деятельности играет ее научно-практическая организация, реализация и контроль. Поэтому для повышения эффективности экспортной деятельности целесообразно использовать многоканальные системы распределения продукции с целью удовлетворения потенциального спроса потребителей на зарубежных рынках и сокращения логистических издержек, связанных с транспортировкой, складированием и доведением продукции до потребителей.

В рамках данного исследования была всесторонне проанализирована распределительная деятельность белорусского предприятия лифтостроения, по результатам которого установлено, что основными потребителями лифтов являются строительные, специализированные монтажные и обслуживающие организации, составляющие товаропроводящую сеть предприятия в странах СНГ и Дальнего Зарубежья, а также приоритетными сегментами лифтостроения выступают рынок строительства нового жилья и рынок замены лифтов жилищного фонда.

С целью активизации экспортной деятельности производителя лифтов была проведена селекция потенциальных рынков для организации экспортных поставок продукции путем построения карты сегментации стран «Привлекательность – Риски» по следующим критериям: ВВП на душу населения; численность населения; общее количество многоэтажных зданий; распространённость использования лифтового оборудования; инфляция; расстояние до столицы; барьеры для входа на рынок; количество конкурентов.

Для применения данной методики были отобраны страны, в которые уже поставляется лифтовое оборудование белорусского производителя (Российская Федерация, Украина, Казахстан, Литва, Латвия), а также страны, представители которых ранее не сотрудничали с рассматриваемым производителем лифтового оборудования (Польша, Чехия, Болгария, Финляндия, Франция). По результатам многоэтапных расчетов в соответствии с картой сегментации стран для белорусского производителя лифтов наилучшими потребителями будут контрагенты из стран Франции, Польши, России. Наименее привлекателен, в свою очередь, оказался рынок Болгарии, а самый рискованный – рынок Литвы.

Таким образом, результаты проведенного анализа должны быть использованы при разработке стратегических сбытовых планов производителем лифтов, что позволит ему создать эффективную систему товародвижения.

УДК 330.322

## ОБОСНОВАНИЕ МАЛОЗАТРАТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ МОДЕРНИЗАЦИИ И РЕКОНСТРУКЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ

М. А. СТЕПАНОВА

Научный руководитель Л. В. НАРКЕВИЧ, канд. экон. наук, доц.  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Наиболее важной проблемой отечественных источников тепловой энергии является изношенность оборудования, которая влияет на эффективность производства, высокий уровень потребления энергоресурсов. Филиал «Могилевская ТЭЦ-2» РУП «Могилевэнерго» в 2020 г. получил убыток по всем видам финансового результата отчета о прибылях и убытках; в динамике отмечено увеличение убытков. Фактический уровень рентабельности основных производственных средств за 2020 г. составил 11,451 % и уменьшился по сравнению с уровнем рентабельности 2019 г. на 2,060 п. п. К реализации рекомендованы малозатратные проекты инновационного развития филиала на производственных площадках для оборудования с высоким уровнем физического и морального износа, требующих повышения работоспособности и инновационности реализуемых технологий выработки и гибкого отпуска энергии.

В иерархии мероприятий приоритет отнесен на малозатратные технологии модернизации и реконструкции с высоким уровнем инновационности, обеспечивающие повышение мощности, маневренности и эффективности МТЭЦ-2. Стоимость технологического оборудования с учетом подготовительных, монтажных и пуско-наладочных работ в рамках разрабатываемого инвестиционного проекта составляет 310 тыс. р. Выбрана схема приобретения оборудования в лизинг; в качестве внешнего источника финансирования рассмотрена лизинговая компания ООО «АСБ Лизинг». Дисконтированная стоимость лизинга ниже первоначальной стоимости объекта лизинга на 37 % в результате действия налогового щита, дисконтирования денежных потоков, что обеспечивает экономические выгоды приобретения заявленного оборудования. Анализ параметров и критериев оценки инвестиционного проекта внедрения малозатратных технологий модернизации МТЭЦ-2 определил высокий уровень его эффективности: динамический срок окупаемости проекта составил 22 месяца; модифицированная внутренняя норма доходности – 16,19 %, что указывает на высокомаржинальный уровень проекта.

Перспективный анализ показателей эффективности использования основных средств показал оптимальные пропорции роста объемов выработки и отпуска энергии, валовой прибыли и среднегодовой стоимости основных средств, в том числе машин и оборудования, что указывает на достижение поставленной цели, в частности в 2023 г. прогнозный показатель фондоотдачи машин и оборудования составит 3,06 р. и вырастет относительно базисного периода на 0,37 р., что соответствует приросту рентабельности машин и оборудования на 4,82 п. п.

УДК 338

## МАРКЕТИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА РЫНКЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УСЛУГ

А. Г. КРОТОВА

Научные руководители: А. В. КУЛАБУХОВ, канд. техн. наук, доц.;  
С. Л. КОМАРОВА  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Каждый объект сталкивается с конкуренцией на любом рынке, это касается и рынка образовательных услуг. Белорусско-Российский университет не является исключением, он работает на рынке образовательных услуг с 1961 г., и его развитие напрямую связано с открытием новых факультетов, т. к. каждый год появляется потребность в обновлении специальностей. Каждый работодатель хочет видеть высококлассного специалиста на рабочем месте, поэтому появляется необходимость в качественном обучении в вузах.

Тройку лидеров – учреждений высшего образования Могилевской области составляют такие вузы, как Белорусско-Российский университет, Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий. В целом же на рынке образовательных услуг Могилевской области на сегодняшний день представлено пять государственных вузов и одно негосударственное учреждение образования. По результатам опроса учащихся школ и лицеев, а также студентов (опрос проводился в рамках исследования) для могоилевчан эти вузы занимают лидирующие позиции на рынке услуг по получению высшего образования.

Самым востребованным является Белорусско-Российский университет, его показатели по приему абитуриентов в 2021 г. занимают высокую позицию в Могилевской области. Количество абитуриентов, которые подавали документы на дневную форму обучения в могоилевские вузы, представлены на рис. 1.

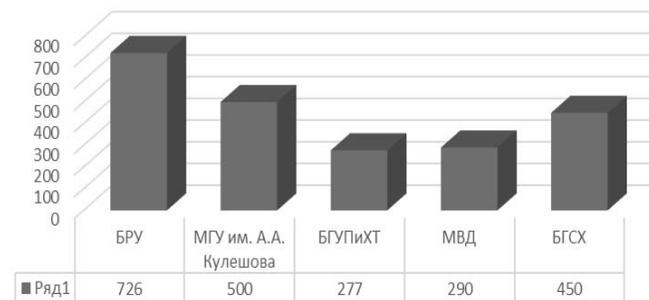


Рис. 1. Количество абитуриентов, которые подавали документы на дневную форму обучения в могоилевские вузы

На рис. 2 представлен исторический экскурс о создании и формировании факультетов в Белорусско-Российском университете с целью создания конкурентной устойчивой ниши на рынке. Вся реорганизация учебного заведения связана с изменениями ситуации на рынке образовательных услуг, а также учета востребованности специалистов для экономики Республики Беларусь.

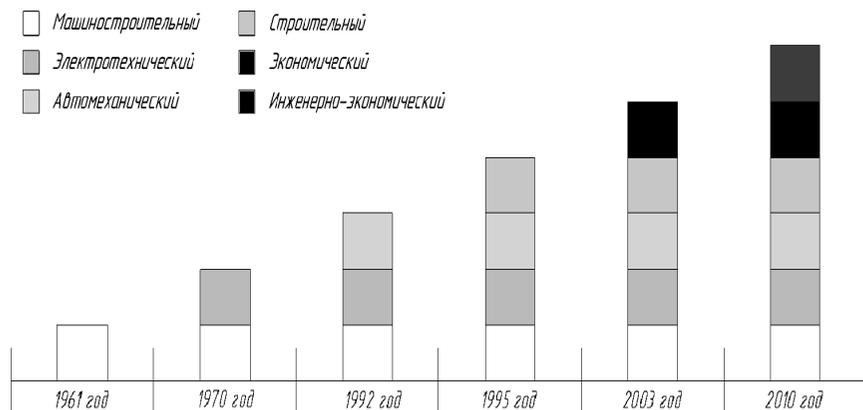


Рис. 2. Исторический экскурс о создании и формировании факультетов Белорусско-Российского университета

Чтобы быть конкурентоспособным, вуз создаёт и открывает новые факультеты, которые выпускают высококвалифицированных специалистов. Борьба за лидерство на рынке образовательных услуг идет не только между вузами, но и внутри каждого учебного заведения между факультетами. В Белорусско-Российском университете новые специальности появляются каждый год. В 2021 г. представлены 20 белорусских и 12 российских образовательных программ на первой ступени обучения. Лидирующую позицию по разнообразности специальностей занимает инженерно-экономический факультет. На этом факультете в 2021 г. открыты такие направления подготовки, как 01.03.04 «Прикладная математика» и 38.03.02 «Менеджмент». В 2022 г. планируется открытие направлений подготовки 15.03.03 «Прикладная механика» и 21.03.01 «Нефтегазовое дело».

Количество абитуриентов Белорусско-Российского университета в 2021 г. – 726 человек на дневной форме обучения, в том числе: 76 – автомеханический факультет, 70 – строительный, 97 – электротехнический, 124 – машиностроительный, 141 – экономический, 218 – инженерно-экономический. В нашем исследовании не будут учтены абитуриенты, подавшие документы на факультет заочного образования (в 2021 г. в Белорусско-Российский университет подали документы 348 чел.). На рис. 3 представлено количество абитуриентов, поступающих на дневную (очную) форму обучения на факультеты Белорусско-Российского университета.

УДК 334.02

## ДИАГНОСТИКА ОБНОВЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ СРЕДСТВ В УПРАВЛЕНИИ ОРГАНИЗАЦИЕЙ

В. В. СТЕПАНОВА

Научный руководитель Л. В. НАРКЕВИЧ, канд. экон. наук, доц.  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Обеспечение высокого уровня устойчивости развития ТЭЦ требует своевременного и систематического мониторинга и контроллинга показателей и критериев эффективности использования основных средств. Филиал «Могилевская ТЭЦ-2» РУП «Могилевэнерго» постоянно развивающаяся, внедряющая новые технологии тепловая электрическая станция. На Могилевской ТЭЦ-2 трудится 550 специалистов, перед которыми стоят непростые задачи изыскать и реализовать пути более экономного производства тепловой и электрической энергии. По финансовым показателям ТЭЦ-2 является финансово-устойчивым предприятием; в 2020 г. операционная деятельность отмечена показателями прибыли, что соответствует экономически эффективной деятельности филиала. Настораживает отрицательная динамика основных финансово-экономических параметров деятельности Могилевской ТЭЦ-2.

Уровень износа и соответственно годности основных средств Могилевской ТЭЦ-2 соответствует критическому уровню их технического состояния, также это отнесено на активную часть основных средств, машины и оборудование. В периоде 2018–2020 гг. установлено уменьшение фондоотдачи основных средств в рассматриваемых блоках сравнения соответственно на 0,036 (на 3,56 %); 0,057 р./р. (на 5,88 %), фондоотдачи активной части основных средств – на 0,211 (на 9,07 %); 0,092 р./р. (на 4,34 %); фондоотдачи машин – на 0,345 (на 11,33 %); 0,106 р./р. (на 3,92 %). Данная ситуация соответствует более высоким темпам роста стоимости средств относительно темпам роста выпуска электроэнергии и тепловой энергии. Определена диспропорция между темпами роста объема производства электроэнергии и себестоимости ее производства, что определило снижение валовой прибыли в динамике.

Профиль рентабельности продукции в 2018–2020 гг. 16,99 %, 13,97 % и 12,58 % соответственно, что определяет динамику снижения эффективности производственной деятельности предприятия в рассматриваемом временном интервале. В 2020 г. отмечен опережающий темп роста заработной платы относительно темпа роста производительности труда: данное соотношение в отчетном периоде не обеспечивает изучаемому объекту процесс расширенного воспроизводства. Приведенные цифры также свидетельствуют о снижении эффективности управления трудовыми ресурсами на предприятии. По результатам факторного анализа в качестве резервов роста объемов производства энергии рассмотрены оптимизация структуры; оптимизация режима работы оборудования и его среднесуточной выработки в соответствии с нагрузкой относительно требований потребителя в часы пик, в ночное время.

П. А. ПЕРЕПЕЧКИН

Научный руководитель А. А. ТЮТЮННИК, канд. экон. наук, доц.

Филиал «Национальный исследовательский университет «МЭИ»

в г. Смоленске

Смоленск, Россия

Для результативного управления проектами система должна быть хорошо структурированной. Сущность структуризации или, иначе говоря, декомпозиции заключается в разбивке проекта и системы его управления на подсистемы и элементы, которые подлежат управлению.

В современном экономическом мире бизнес-планирование – это эффективный инструмент менеджмента, который позволяет создать готовую формализованную модель будущего бизнеса, либо привлечь инвестиции, а также создать весомые конкурентные преимущества организации, повысить конкурентоспособность. Цель бизнес-планирования при основании собственного дела заключается в осмысленном, прогнозно-плановом и системном управлении личным делом.

Перед тем, как начать создание бизнес-плана, необходимо обосновать идею бизнес-проекта, определить цели проекта, которые конкретизируют необходимые усилия по осуществлению и претворению в жизнь возникших идей. Значительный момент в этом – раскрытие всех внешних и внутренних задач и целей проекта, а также определение степени соотношения внешних и внутренних проблем. Правильная и актуальная обоснованность предлагаемого проекта поможет удостовериться в действенности применения финансовых средств и даст гарантии получения намеченной прибыли. Также следует проанализировать имеющиеся в распоряжении ресурсы.

Исходя из сделанного анализа различных источников, можно сделать вывод, что организационная структура является важным и неотъемлемым элементом бизнес-проекта. В данном случае под организационной структурой понимается определенная форма разобщения и синергии управленческой деятельности в организации, в рамках которой осуществляется сам процесс управления. Нарастание эффективности функционирования организации в большей мере обуславливается организованностью всей системы управления, зависящей от того, насколько четко проработана организационная структура и работа всех ее элементов подчинена заданной цели.

Потребность в развитии системы управления в настоящее время определяется несколькими факторами. Среди них можно выделить оптимизацию численности самого аппарата управления, его функциональных распределений; применение средств автоматизации процессов управления и на основе нее разработки систем обоснования принятия решения.

Абитуриенты могли подавать документы на белорусскую и российскую формы обучения, но на обучение по российским программам срок подачи документов был длиннее, чем на обучение по белорусским программам. В 2021 г. проходной балл на бюджетную форму 135 по белорусским программам и 67 по российским. Различия в баллах получается, потому что при поступлении на российскую форму обучения средний балл аттестата не учитывается. Самыми популярными специальностями являются экономические и IT-специальности, на которые отмечается высокий конкурс. По белорусским образовательным программам на специальность «Электронный маркетинг» проходной балл – 319 из 400, «Транспортная логистика» – 326, «Автоматизированные системы обработки информации» – 286, по российским образовательным программам на специальность «Программная инженерия» – 204 из 300.

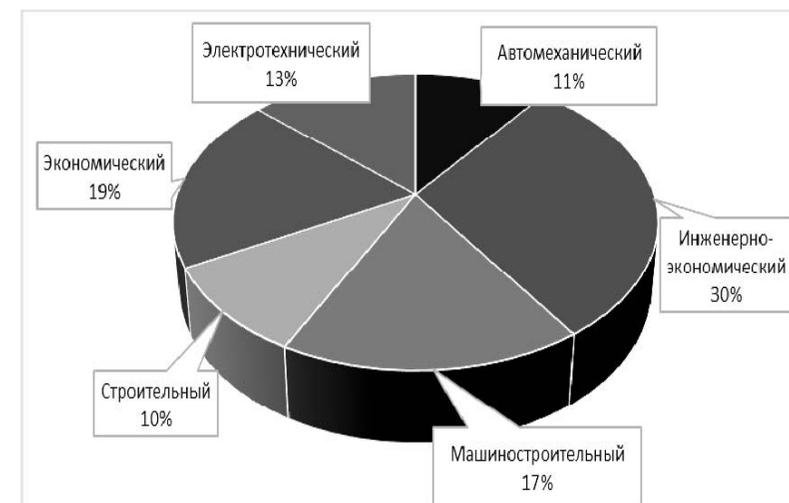


Рис. 3. Количество абитуриентов, поступающих на дневную (очную) форму обучения

Система образования Белорусско-Российского университета включает в себя инновации и перспективные разработки обеих систем. Современные требования и инновационные технологии позволяют подготовить высококвалифицированных специалистов. Выпускники университета получают диплом о высшем образовании государственного образца Республики Беларусь или Российской Федерации.

В современном мире сфера образования развивается динамично, происходит трансформация функциональных, структурных, организационных и идеологических характеристик.

Д. А. ЩУКИН

Научный руководитель Л. А. СИВАЧЕНКО, д-р техн. наук, проф.

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Технологическая универсальность пружин как рабочих органов позволяет использовать их как основу для создания различных аппаратов: мельниц, смесителей, грохотов, механоактиваторов, питателей, виброуплотнителей, гидроклассификаторов и др. [1]. Если рассматривать эффективность применения и потенциал пружинных аппаратов, то он в значительной степени зависит от условий работы пружин, прежде всего их нагруженности. С целью пояснения такого положения представим основные варианты поведения пружин при выполнении ими различных технологических функций (рис. 1). Отличительной особенностью этих вариантов является тот факт, что усложнение кинематики поведения отдельных звеньев пружинных рабочих органов приводит к интенсификации механизмов воздействия на обрабатываемую среду и расширению их технологических возможностей.

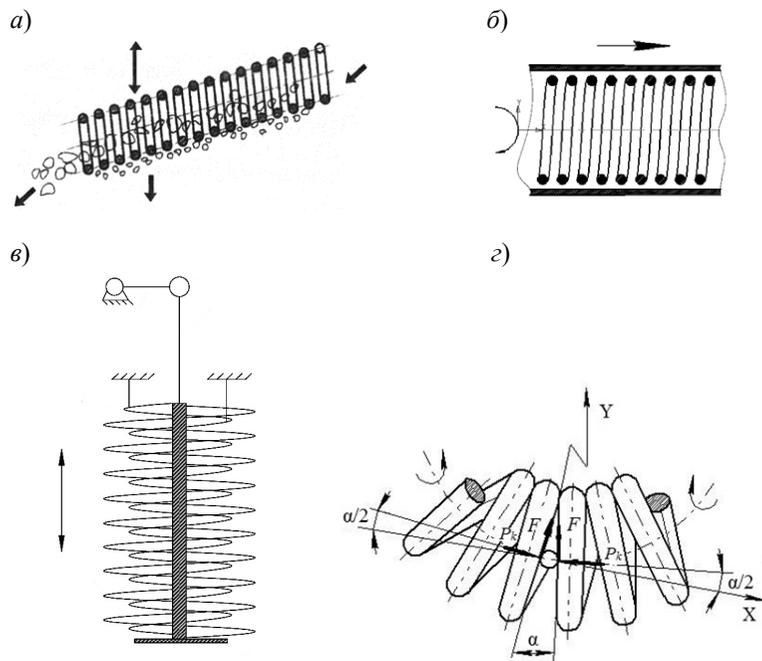


Рис. 1. Основные варианты выполнения пружинами технологических функций: а – грохочение; б – транспортирование; в – уплотнение; г – помол

П. А. ПЕРЕПЕЧКИН

Научный руководитель А. А. ТЮТЮННИК, канд. экон. наук, доц.

Филиал «Национальный исследовательский университет «МЭИ»

в г. Смоленске

Смоленск, Россия

Для того чтобы сформировать систему экономической безопасности предприятия, необходимо объективно оценить ситуацию на рынке, в которой находится предприятие. Экономическая безопасность хозяйствующего субъекта во многом зависит от точности и своевременности осуществления контроля за внешними и внутренними факторами влияния на его деятельность, что в свою очередь зависит от качества, доступности и релевантности имеющейся в наличии информации.

Необходимо помнить, что эффективная структура внутренней организации должна включать действенное разделение полномочий и несовместимых функций. К таким функциям относятся: непосредственный доступ к активам и возможность осуществления операций с ними и отражение хозяйственных действий в бухгалтерском учете.

Необходимо принять меры для повышения эффективности использования аудита для обеспечения высокого уровня экономической безопасности:

- непосредственный контроль над условиями договора, сохранностью документов в бумажной или электронной форме, ознакомлением ответственных лиц со своей ответственностью за материальные ценности;

- защита внутренней бухгалтерии, которая является коммерческой тайной и периодическое представление отчетов службы экономической безопасности общества перед руководством организации;

- оценка состояния кредиторской задолженности, оборачиваемости и своевременности исполнения договорных обязательств по кредиторской задолженности.

Отлаженная система внутренней безопасности позволяет использовать некоторые инструменты для борьбы против корпоративного мошенничества, выявлять признаки коррупции, которые могут быть связаны с ключевым контрагентом и вести к экономическому ущербу собственникам. Внедрение методов внутреннего аудита позволит повысить эффективность бизнеса за счет своевременного выявления возникающих рисков и проблем, разработки способов их устранения и решения, обеспечив высокое качество внутренней проверки, что в конечном итоге повысит уровень экономической безопасности организации.

В этом случае использование аудита как инструмента обеспечения экономической безопасности предприятия имеет огромный потенциал.

УДК 004.42

## АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ РАЗРАБОТКИ, ВНЕДРЕНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОРГАНИЗАЦИЙ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ЮВЕЛИРНЫХ УКРАШЕНИЙ С КЛИЕНТАМИ

П. А. ПЕРЕПЕЧКИН

Научный руководитель А. А. ТЮТЮННИК, канд. экон. наук, доц.  
Филиал «Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
в г. Смоленске  
Смоленск, Россия

При разработке веб-приложения для автоматизации процесса взаимодействия организаций по производству ювелирных украшений с клиентами организация сразу сталкивается с целым рядом специфических проблем. Первая, и самая главная из них, это кто станет разработчиком данного веб-приложения. Все дело в том, что ювелирный бизнес подразумевает под собой еще и творческую составляющую, а также авторские работы. Но при этом желательно разместить весь имеющийся материал оперативно, и также оперативно его обновлять на сайте, чтобы наработки и эскизы мастеров производства не сразу попали к конкурентам, необходимо сохранять конфиденциальность информации обо всех проводимых акциях и рекламных кампаниях. Поэтому желательно, чтобы созданием, разработкой и дальнейшим сопровождением занимался собственный специалист производственной организации.

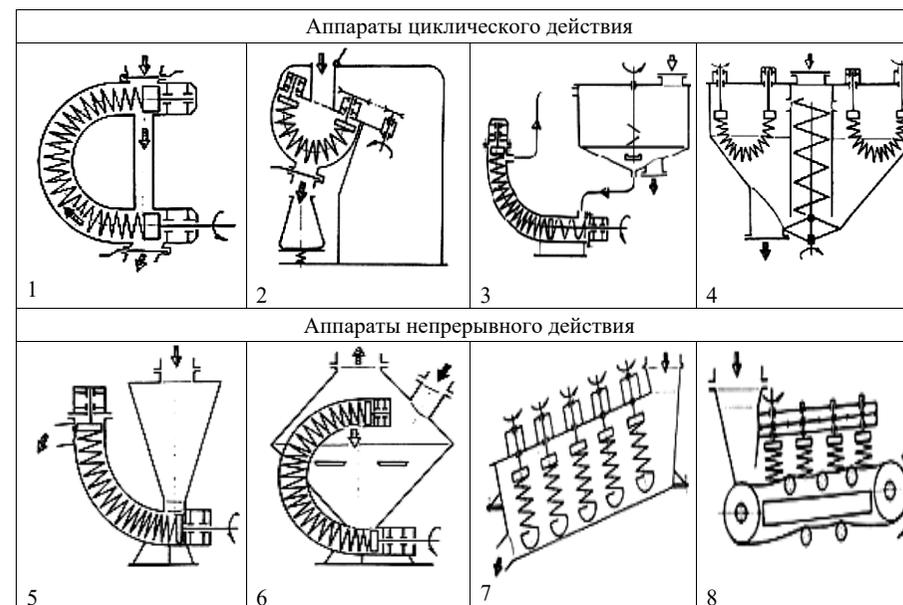
При разработке и написании веб-приложения необходимо использовать популярные средства разработки веб-приложения, к тому при создании любого внутреннего программного продукта важно документировать и строго соблюдать архитектуру разрабатываемого программного продукта, чтобы новые специалисты могли без труда подключиться к работе и продолжить труд других разработчиков, в этом заключается задача универсальности разработки веб-приложения для производственной организации.

При разработке веб-приложения оптимальным решением будет собственная разработка. Существующие решения в данной области носят универсальный характер и не отражают специфики деятельности ювелирной организации, но наиболее весомым голосом за собственную разработку является тот факт, что ювелирная отрасль является отраслью, в которой особое внимание уделяют безопасности данных, к тому же собственная разработка, с одной стороны, позволяет обеспечить максимальную безопасность данных, с другой стороны, является самым доступным вариантом разработки веб-приложения. Автоматизация позволит успешно знакомить потенциальных клиентов с предлагаемым ассортиментом и изысканными ювелирными работами, образцами изделий, принимать заявки от клиентов 24 ч в сутки и вести с ними диалог непосредственно с помощью приложения, а также полностью их сопровождать в процессе осуществления заказа и изготовления ювелирного изделия.

Морфологический анализ представленных схем показывает, что при грохочении пружина находится в статическом состоянии, при работе в качестве питателя испытывает напряжение кручения, при уплотнении материала – напряжения изгиба, при помоле витки изогнутой кинематически деформируемой пружины подвержены сложному нагружению и работают в условиях знакопеременных воздействий как со стороны внутренних сил, так и внешних факторов. Работа пружинного аппарата в качестве мельницы является наиболее энергонапряжённой и характеризуется, с одной стороны, повышенными технологическими возможностями, а с другой стороны, с тяжёлыми условиями эксплуатации, обусловленными износом и знакопеременными нагрузками, в том числе в режиме интенсивных колебаний [2].

Величина концентрации энергии непосредственно в рабочей зоне пружинной мельницы достигает  $5 \text{ кВт/дм}^3$ , что позволяет использовать её даже в качестве аппарата для сверхтонкого помола, проведения процессов механоактивации и получения высококачественных порошковых композиций. К настоящему времени изготовлено более 900 единиц пружинных мельниц, смесителей, диспергаторов и механоактиваторов вращательного действия примерно 60 различных конструкций и производительностью от 1 кг/ч до 50 т/ч [1, 2]. Примеры конструктивного исполнения наиболее применяемых пружинных аппаратов с кинематически деформируемыми рабочими органами приведены в табл. 1.

Табл. 1. Конструктивные исполнения пружинных аппаратов



Пружинные мельницы, смесители и диспергаторы объединены единым исполнением рабочего органа и в целом характеризуются очень высокой технологической эффективностью. Об этом можно судить по независимым оценкам специалистов ВНИИ гидротехники имени Веденеева (г. С.-Петербург) [2] по размолоспособности, оцененной на основе испытаний мельницы, выполненной по схеме 1 таблицы 1 в сравнении с другими аппаратами, из которых они уступают только планетарным мельницам. Эти и другие особенности пружинных аппаратов делают их эффективным оборудованием для системной переработки многих видов сырья и материалов. Их функциональные преимущества обусловлены получением дополнительной степени свободы движения рабочего органа за счет кинематического деформирования витков пружин. Это накладывает дополнительные требования на материал и качество изготовления рабочих органов, работающих в условиях знакопеременных нагрузок.

В силу конструктивных особенностей пружинных рабочих органов они могут быть изготовлены только из пружинных материалов, в частности, сталей. По этой причине поверхностная твердость витков пружин не может превысить 57...60 HRC, а, значит, это может приводить к повышенному износу при переработке высокоабразивных материалов.

Основные отказы пружинных рабочих органов обусловлены усталостным разрушением и износом, причем доминирующим является первый фактор. Главный резерв повышения наработки на отказ по критерию усталостной прочности состоит в снижении исходных монтажных внутренних напряжений при изгибе рабочих органов. Это заключается в уменьшении величины углов изгиба рабочих органов, пропорционально повышающих их циклическую прочность.

Вывод по практическому применению таких рабочих органов сводится к выбору баланса между параметрами пружин, в частности углом и радиусом их изгиба, величиной зазоров и усилий обжатия материала в контактных зонах между витками.

Сформулируем основные области применения и перспективы использования пружинных аппаратов. В силу своей универсальности и конструктивного многообразия рассматриваемое оборудование может быть использовано практически во всех отраслях народного хозяйства для комплексной переработки дисперсных материалов [3]. Область их рационального использования охватывает материалы исходной крупностью менее 5...8 мм, прочностью на сжатие до 200...250 МПа, твердостью до 7 единиц по шкале Мооса, средней абразивности. Такие материалы можно обрабатывать как по сухому, так и по мокрому способу кроме диапазона критической влажности, вызывающей образование пробок в рабочих пространствах. Следует при этом оговориться, что для случая принудительной подачи материала в рабочие зоны это ограничение снимается. Производительность пружинных аппаратов определяется в первую очередь размерами и количеством установленных в них рабочих органов. На этом основании производительность для одного рабочего органа составляет не более 3 т/ч для сухой обработки и не более 10 т/ч для мокрой.

УДК 338

## ИННОВАЦИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ: НА ПРИМЕРЕ ОАО «ГАСТЕЛЛОВСКОЕ»

А. И. ПАНЬКОВА, Е. А. КУРЗАКОВА

Научный руководитель И. В. ИВАНОВСКАЯ, канд. экон. наук, доц.  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

В последнее время все чаще говорят о революции «Агрокомплекс 4.0», которая позволит изменить жизнь человечества посредством внедрения глобальных цифровых сетей и умных ферм, новейших достижений генетики и селекции, молекулярной биологии и биотехнологии.

Цель данной работы – обосновать экономическую целесообразность реализации инновационного проекта производства собственных комбикормов на предприятии агропромышленного комплекса ОАО «Гастелловское».

Рассматривая показатели инновационной активности сельскохозяйственных организаций Республики Беларусь с 2016 по 2019 гг., можно отметить, что все, кроме фондоотдачи, показывали положительную динамику. Наибольший рост произошел по таким показателям, как: индекс физического объема инвестиций в основной капитал (на 14 %) и в машины и оборудование (на 5 %). В структуре затрат на технологические инновации лидирующие позиции занимают приобретение машин и оборудования с долей 48,7 % и исследования и разработки с долей 27,9 %. На предприятии ОАО «Гастелловское» в 2020 г. затраты на продуктовые инновации увеличились почти в 2 раза по сравнению с 2018 г., а на проведение исследований и разработок – на 32 %.

Одним из секторов, где Беларусь в рамках последних пяти лет демонстрирует стабильную тенденцию наращивания импорта из России, Германии и Дании, является рынок комбикорма. По прогнозам в ближайшие три года потребность в комбикормах для свиней увеличится на 39 %, а для КРС на 4 %. Так, в качестве нового продукта на ОАО «Гастелловское», решено предложить комбикорма с использованием инновационных технологий сушки и обеззараживания первичного сырья – озонирование и ИК-облучение. Данные технологии позволят повысить питательность кормов и увеличить сроки их хранения. Проект рассчитан на три года, где источником финансирования выступает кредит. На стадии выхода проекта на полную мощность к 2024 г. планируется объем реализации продукции по рынкам сбыта в количестве 1700 т в год, по цене реализации для внутреннего рынка 560 р./т и для зарубежного 650 р./т. При таких условиях внутренняя норма рентабельности составит 38 %, рентабельность инвестиций – 32,4 %, а срок окупаемости – 5 месяцев.

В заключение стоит отметить, важная роль также должна отводиться обучению и мотивации персонала, интеграции предприятий для достижения целей инновационного развития, распространению консалтинговой деятельности в сельском хозяйстве.

УДК 334.02

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КРЕДИТНОЙ ПОЛИТИКИ  
ОАО «МОГОТЕКС»

Д. А. НИПАТРУК

Научный руководитель Л. В. НАРКЕВИЧ, канд. экон. наук, доц.  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Стратегия управления оборотными средствами включает способы и методики, которыми предприятие пользуется в процессах планирования, прогнозирования, мониторинга и общего управления капиталом. Относительно объекта исследования – ОАО «Моготекс» – выявлены типичные финансовые проблемы, связанные с недостатком собственного финансирования инвестиций, дефицитом собственных оборотных средств, реальной угрозой банкротства.

Проблемой для ОАО «Моготекс» являются системные неплатежи и нарастающая, подобно снежному кому, дебиторская задолженность по отгруженной текстильной продукции. На 31.12.2019 г. с предприятием не рассчитались по отгруженной текстильной продукции на сумму 20 689 тыс. р. со средним сроком инкассации 86,18 дней и значительной долей просроченной дебиторской задолженности. В связи с этим рассмотрен вопрос оптимизации дебиторской задолженности. ОАО «Моготекс» предложено рассмотреть возможность предоставления скидки по остаткам дебиторской задолженности на условиях 2/15 для клиентов, имеющих задолженности в течение 60 дней и более.

Среднегодовой баланс дебиторской задолженности до и после введения скидок установлен, исходя из ее срока инкассации (коэффициент оборачиваемости соответственно определен в размере 4,18 и 24 оборота), в размере 4 952,46; 862,04 тыс. р. Разница между значением среднего баланса дебиторской задолженности до и после введения скидок показывает снижение среднего баланса дебиторской задолженности на 4 090,42 тыс. р. Дополнительный доход с учетом процентной ставки по депозитам банка (принят 11 %) определится в размере 449,95 тыс. р. Потери денежных средств ОАО «Моготекс» в результате предлагаемой системы скидок составит 413,78 тыс. р. Сальдо доходов и расходов от применения политики скидок относительно остатков дебиторской задолженности составит 36,17 тыс. р.

В данном случае применение условия скидки 2/15 для предприятия выгодно; увеличение скидки до 3 % определяет отрицательный эффект в размере 170,72 тыс. р. Предоставление скидки в осенне-зимний период на условиях 2 % с периодом оплаты 15 дней. Произведенные в исследовании расчеты определили прибыль от операций по снижению сумм дебиторской задолженности в размере 155,61 тыс. р. в результате низких объемов оборота и лояльности условий предоставления скидки.

Ликвидность дебиторской задолженности в целом по предприятию возросла.

Дополнительная установка рабочих органов позволяет довести производительность оборудования до 50 и более тонн в час.

Основные исследования и разработки по пружинным аппаратам проводятся на кафедре «Транспортные и технологические машины» Белорусско-Российского университета. Кроме мельниц, смесителей, механоактиваторов, диспергаторов и виброуплотнителей проводятся работы по созданию многоцелевых питателей-дозаторов с расширенными функциями, установок для процеживания шламов и шликеров, модулей к распылительным сушилкам и аппаратов для получения наноразмерных композиций [4]. Выполнен комплексный анализ всех ранее выполненных работ в данном направлении и определены основные задачи дальнейшего развития оборудования с пружинными рабочими органами, которые сводятся к следующему:

1. Разработка аналитических моделей гидродинамики в рабочем пространстве и обеспечение организованного движения обрабатываемого продукта в межвитковых пространствах.
2. Использование метода интенсификации контактных взаимодействий между элементами рабочих органов путем использования дополнительной загрузки мелких мелющих тел.
3. Оптимизация геометрических, кинематических и энергосиловых параметров пружинных рабочих органов.
4. Проведение комплексных исследований для определения потенциальных возможностей пружинных аппаратов по переработке различных материалов и сред.
5. Разработка методов повышения износостойкости и повышения прочности при циклическом нагружении пружинных рабочих органов.
6. Решение задач оптимального проектирования как отдельных пружинных аппаратов, так и технологических комплексов на их основе.
7. Функционально-стоимостной анализ организации выпуска и производственной эксплуатации пружинных аппаратов.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Интенсификация технологических процессов в аппаратах адаптивного действия: монография / Л. А. Сиваченко [и др.]; под науч. ред. Л. А. Сиваченко – Барановичи: БарГУ, 2020. – 359 с.
2. Технологические аппараты адаптивного действия / Л. А. Сиваченко [и др.] – Минск: БГУ, 2008 – 375 с.
3. Сиваченко, Л. А. Прогноз и пути развития пружинных технологических аппаратов / Л. А. Сиваченко // Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов: межвузовский сб. ст. – Белгород, 2020 – С. 310–317.
4. Сиваченко, Л. А. Многоцелевой пружинный питатель-дозатор / Л. А. Сиваченко, Д. А. Щукин // Энего-ресурсосберегающие технологии и оборудование в дорожной и строительной отраслях: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Белгород, 2020 – С. 377–381.

УДК 621.02

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ  
С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ, ЭКОНОМИЧНОСТИ,  
НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДЕТАЛИ «ФЛАНЕЦ»

Р. В. АБРАМОВ, Н. А. ВАРАКСО

Научный руководитель Е. А. ПОЛЬСКИЙ, канд. техн. наук, доц.  
Брянский государственный технический университет  
Брянск, Россия

Основным направлением повышения эффективности механической обработки является внедрение многоцелевых станков для реализации комплексной обработки детали с наименьшим числом переустановов и сокращением времени технологического передела за счет минимизации времени «пролеживания» заготовок.

Обоснованность выбора и назначения многоцелевого станка для формирования установленных по чертежу параметров точности и качества должна быть основана на этапе проектирования маршрутной технологии (достижимость механических свойств и допусков точности взаимного расположения поверхностей).

Для обработки детали «Фланец» целесообразно применить токарный многоцелевой станок модели TWIN 42/65, который оснащен двумя шпинделями и двумя револьверными головками.

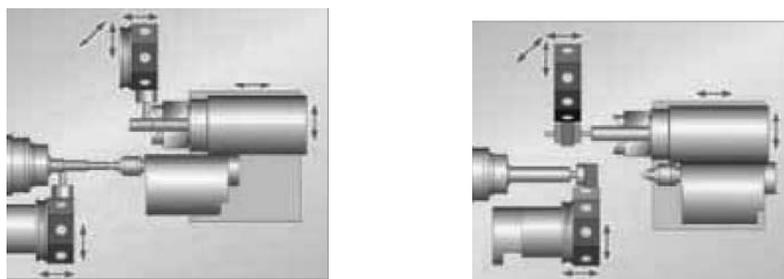


Рис. 1. Схема обработки детали «Фланец» на станке модели TWIN 42/65

В соответствии с техническими требованиями, указанными на чертеже детали конструктором, требуется обеспечить установленные параметры среднего арифметического отклонения микронеровностей профиля  $Ra$  полированием. Для повышения производительности обработки и исключения полировальной операции из структуры технологического процесса рекомендуется установить в одной из позиций револьверной головки токарного многоцелевого станка оправку с лепестковым кругом и на отдельном переходе выполнить полирование наружной цилиндрической поверхности.

УДК 658.81

ПЕРСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ  
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОДУКЦИИ ОРГАНИЗАЦИИ

Е. А. НАРКЕВИЧ

Научный руководитель Л. В. НАРКЕВИЧ, канд. экон. наук, доц.  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Объектом исследования выступает ОАО «Быховский консервно-овоще-сушильный завод», который находится в настоящее время в процедуре санации. По результатам анализа системы распределения продукции установлены основные клиенты ОАО «Быховский КОСЗ» на внутреннем рынке республики: бюджетные организации республики (учреждения образования и здравоохранения; закрытые учреждения; Министерство обороны Республики Беларусь); сетевые торговые организации республиканского и регионального масштабов и др. Отмечена низкая активность продаж в региональных сегментах внутреннего рынка республики в 2020 г.: базисные и цепные темпы изменения ниже 100 % за исключением Витебской области. Объем отгрузки в Витебскую область в 2020 г. составил 762 т плодоовощной консервированной продукции и превысил уровень реализации 2018 г. на 70,74 %, а относительно 2019 г. – снизился на 20,51 %. Наибольшее уменьшение поставок наблюдается в Брестскую область (в 2020 г. цепной темп снижения составил 8,98 %); в Гродненскую область (21,73 %); в Гомельскую область (25,01 %); в г. Минск (23,40 %); в Минскую область (25,47 %). Значительными оставались отгрузки плодоовощных консервов в Могилевскую область, но с учетом общей тенденции снижения поставок в данном канале распределения также снизились поставки: в 2020 г. относительное снижение в рассматриваемом временном интервале составило 24,57 % и 21,93 %. География экспорта ОАО «Быховский КОСЗ» представлена странами ЕАЭС в рамках интеграции государств в мировое экономическое пространство, дальним зарубежьем; продукция предприятия присутствует на рынках России, Украины, стран средней Азии и Кавказа, дальнего зарубежья. Наибольший удельный вес экспорта приходится на Россию по всем представленным ассортиментным позициям: в 2020 г. удельный вес определен в размере 91,9 %, что на 0,6 п. п. выше доли 2019 г. В 2020 г. отгрузка по данному каналу распределения в группе консервированных овощей и грибов без добавления уксуса составила 1368,73 тыс. долл. (прирост на 24,89 %), что соответствует доле 83,0 % относительно итога экспорта и снижению в динамике удельного веса на 1,1 п. п.

Произведенный анализ сбалансированности показателей производства, реализации и уровня запасов показал дисбаланс соответствующих параметров. Апробирована оптимизационная модель управления объемами реализации с учетом целевых критериев оптимизации объемов производства и остатков запасов продукции с использованием метода функционально-стоимостного анализа и выходом на оптимистический и пессимистический сценарии прогноза объемов реализации продукции.

УДК 338.45

## ВАЛОВАЯ ДОБАВЛЕННАЯ СТОИМОСТЬ КАК КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

К. А. ДИКАЛОВА

Научный руководитель Т. М. ЛОБАНОВА  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Одной из целей инвестиционной политики государства является создание высокотехнологичных производств, способных производить конкурентоспособную, ориентированную на экспорт продукцию.

Объектом исследования выступала отрасль обрабатывающей промышленности «Производство транспортных средств и оборудования», которая представлена в Республики Беларусь несколькими крупными предприятиями. Рассматриваемое производство является достаточно материалоёмким, по отдельным позициям доля материальных затрат достигает 90 % себестоимости. Поэтому одним из значимых критериев оценки эффективности инвестиционных процессов выступает валовая добавленная стоимость (ВДС) в расчёте на одного работника.

На протяжении анализируемого периода (2011–2018 гг.) уровень инвестиций в отрасль составляет в среднем 5 %...8 % от среднегодовой стоимости основных средств отрасли. Данный уровень инвестиций соответствует величине ежегодного износа и, следовательно, точечная модернизация не приводит к существенному росту показателей технического и экономического состояния отрасли. Наибольшее количество инвестиций было получено в 2013 г., а наименьшее – в 2015 г. [1]. При этом наблюдается стабильное увеличение показателя ВДС на одного работника.

При замене производственного оборудования на более технологичное, как правило, снижается потребность в рабочей силе при одновременном повышении квалификационных требований к работникам, задействованным на данном оборудовании. В связи с этим одним из факторов роста показателей эффекта в расчёте на одного занятого в производстве выступает изменение численности занятых в отрасли. Вторым фактором модели является ВДС отрасли.

Результаты факторного анализа показали, что рост ВДС на одно работника происходил преимущественно за счёт сокращения численности персонала, в то время как добавленная стоимость продукции данной отрасли имела тенденцию к снижению. И только в 2018–2019 гг. рост показателя ВДС на одного работника обусловлен резким увеличением ВДС.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дикалова, К. А. Изменение валовой добавленной стоимости под влиянием инвестиционных процессов / К. А. Дикалова // Студент: наука, профессия, жизнь: материалы VIII всерос. студенческой науч. конф. с междунар. участием: в 4 ч. – Омск, 2021. – С. 303–306.

УДК 621.91.01

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СВЕРЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИНСТРУМЕНТА С ЗАГОТОВКОЙ

Э. Л. БЕКИРОВ

Научный руководитель Э. Ш. ДЖЕМИЛОВ, канд. техн. наук, доц.  
Крымский инженерно-педагогический университет имени Февзи Якубова  
Симферополь, Россия

Получение отверстий в сплошном материале с высокими параметрами точности и качеством поверхности представляет собой сложный процесс механической обработки. На машиностроительных предприятиях наиболее распространенным методом получения отверстий является сверление, где в качестве инструмента используют спиральное сверло.

Процесс резания сопровождается упругими и пластическими деформациями, разрушением материала, трением, износом режущего инструмента, вибрациями технологической системы в целом.

На качество обработанной поверхности при сверлении значительное влияние оказывают смазочно-охлаждающие технологические средства (СОТС), механизм действия которых на процесс резания малоизучен. В связи с этим, эксперименты направлены для исследования влияния различных СОТС на контактные процессы, в том числе растительной природы, подаваемых в зону резания применением техники минимальной смазки (ТМС) и внутренней подачи.

Исследование закономерностей этих явлений позволяет выбирать оптимальные условия, обеспечивающие качественную обработку деталей.

С учетом анализа существующих измерительных установок и методики исследования механики взаимодействия инструмента с деталью в процессе сверления отверстий нами разработана методика измерения контактных нагрузок на рабочей поверхности сверла при его взаимодействии с обрабатываемой заготовкой.

Особенность предлагаемой методики заключается в определении значений контактных нагрузок, температуры, вибрации инструмента, составляющих сил резания и крутящего момента за один проход.

В экспериментальной установке в качестве оборудования применяется радиально-сверлильный станок мод. 2К522. Для определения контактных нагрузок используются тензорезисторы 2ФКПА-5-100В. Температура в зоне резания измеряется искусственной термопарой «хромель-алюмель». Уровень вибрации инструмента за время сверления фиксируется индукционным датчиком приближения XS4P12AB110. Параметры сил резания и крутящего момента регистрируются трехкомпонентным динамометром МЗО-3-6К.

Для регистрации, визуализации и обработки одновременно полученных сигналов используется программное обеспечение (ПО) «PowerGraph».

УДК 539.375

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ТОЛЩИНЫ НА СВОЙСТВА  
ЛИСТОВОЙ СТАЛИ МАРКИ 08ПСВ. Б. БЕЛОУСОВ, Р. Е. СИЛАНТЬЕВ  
Московский политехнический университет  
Москва, Россия

Борьба за рациональные технологические решения требует точного прогнозирования деформационных процессов при обработке металлов давлением. Для этого ведущие производители программного обеспечения стараются совершенствовать свои разработки, увеличивая точность расчетов для процессов объемной и листовой штамповки. Однако для точного прогнозирования поведения материалов необходимо знать их свойства, и как эти свойства меняются в процессе деформации. Многие публикации и данные в справочных материалах [1–5] показывают, что толщина листового материала может существенно влиять на его свойства. При этом изменения касаются не только пластичности [1, 4], но и силовых характеристик [5].

Исходя из этого, нужно вводить в расчетные программы данные не только по марке материала, характеризующей ее состав, но и по толщине. В результате сложность создания базы для всех видов марок и их возможных толщин значительно возрастает. Для облегчения прогнозирования изменения свойств предложено выявить изменения в поведении материалов нескольких толщин и спрогнозировать возможное изменение на промежуточные значения. Для этого каждую кривую упрочнения аппроксимируем степенной зависимостью, а затем посмотрим, как коэффициенты данной кривой будут изменяться в зависимости от толщины материала. Проведены эксперименты изменения свойств стали с содержанием углерода 0,08 %.

Если аппроксимацию кривых упрочнения проводить по формуле изменения напряжения  $\sigma$  от деформации  $\epsilon$  в виде степенной зависимости

$$\sigma = A\epsilon^n,$$

то изменения коэффициентов  $A$  и  $n$  являются функциями толщины материала  $s$ , мм

$$A = 672 - 65s;$$

$$n = 0,26 - 0,018s.$$

Корректируя коэффициенты кривой упрочнения, можно увеличить точность вычислений до 10 %. Подобные зависимости необходимо получить и для других марок материалов, создав базу для уточнения вычислений при расчете пластической деформации листовых заготовок.

УДК 336.61

ДИАГНОСТИКА ФИНАНСОВОГО СОСТОЯНИЯ  
В СИСТЕМЕ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИЕЙК. А. ГОРОХ  
Научный руководитель Л. В. НАРКЕВИЧ, канд. экон. наук, доц.  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

В ходе проведенного системного исследования финансового состояния филиала «Жлобнавтотранс» ОАО «Гомельоблавтоотранс» установлены наиболее значимые факторы динамики его уровня: коэффициент финансового левериджа и коэффициент текущей ликвидности. Коэффициент финансового левериджа не только является индикатором финансовой устойчивости, но и оказывает большое влияние на увеличение или уменьшение величины прибыли и собственного капитала предприятия. Динамика коэффициента финансового рычага зависит от параметров структуры активов организации, а также финансовой политики в выборе источников формирования средств организации. Результаты проведенного анализа позволили сделать вывод, что повышение коэффициента финансового левериджа обусловлено превышением заемного капитала относительно собственного. Следовательно, предприятие проводит агрессивную политику финансирования активов за счет заемных средств, что говорит о зависимости организации от рынка заемного капитала, следствием чего может быть повышение финансового риска и снижение финансовой устойчивости филиала «Жлобнавтотранс».

Системный анализ платежеспособности в формате декомпозиции и детерминированной оценки установленной иерархии факторов ликвидности бухгалтерского баланса и перспективной платежеспособности определил как функциональную, так и корреляционно-регрессионную зависимость в системе показателей. Коэффициент текущей ликвидности в рассматриваемом временном интервале 2019–2020 гг. увеличился на 0,024 пункта. При этом прирост получен положительным влиянием роста краткосрочных активов (размер влияния 0,040 пунктов), который компенсирован частично более высоким темпом роста краткосрочных обязательств (–0,016 пунктов). По факторам второго уровня подчинения наибольшее положительное влияние определено ростом дебиторской задолженности; отрицательное – приростом кредиторской задолженности, что требует эффективных управленческих решений в системе управления расчетами транспортной организации.

Рекомендованы перспективные направления улучшения финансового состояния предприятия по направлениям: увеличение прибыли от реализации продукции за счет расширения пассажирских перевозок, оптимизации структуры имущества предприятия и ликвидация диспропорций дебиторской и кредиторской задолженности с использованием факторинга; повышение рентабельности капитала, рентабельности услуг и рентабельности продаж за счет использования аутсорсинга непрофильных видов деятельности.

## ОЦЕНКА ЭКСПОРТНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭКСПОРТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЗАО ОПТФ «СВІТАНАК»

А. Н. ВЫРВИЧ

Научный руководитель Л. А. КЛИМОВА

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Оценка экспортной устойчивости предприятия включает в себя анализ экспортной эффективности, экспортной активности и привлекательности экспортного контрактного портфеля. Факторный анализ экспортной эффективности ЗАО ОПТФ «Світанак» показал, что падение эффективности в 2020 г. по большинству товарных групп обусловлено изменением объемов продаж и ростом себестоимости. Несмотря на рост объемов продаж новых видов экспортной продукции, снижение расторгнутых экспортных контрактов и увеличение зарубежных командировок по вопросам экспорта, в отчетном году предприятие существенно не расширяло долю на внешних рынках, о чем свидетельствует наличие таких отрицательных тенденций как спад количества новых контрагентов на внешних рынках, рост неисполненных договорных обязательств и снижение маркетинговой активности за рубежом, на основании чего можно сделать вывод об низкой экспортной активности.

Практическая интерпретация результатов оценки экспортной деятельности показала, что ЗАО ОПТФ «Світанак» необходимо следовать стратегии сохранения и защиты имеющихся позиций на зарубежных рынках. Оборонительная стратегия предполагает сохранение имеющейся рыночной доли и удержание своих позиций на рынке. Показатель производственно-хозяйственного потенциала ЗАО ОПТФ «Світанак» в 2020 г. составил 0,79 пунктов, организационно-экономического потенциала – 0,49 пункта. Это позволяет сделать вывод о том, что исследуемое предприятие занимает позицию удержания периметра обороны на внешнем рынке. Основной целью предприятий, занимающих такую позицию, является сохранение конкурентных позиций с минимальными финансовыми затратами.

В рамках совершенствования экспортной деятельности ЗАО ОПТФ «Світанак» были предложены следующие мероприятия: внедрение современного швейного оборудования с высокими показателями производительности, предприятию рекомендуется остановить свой выбор на Pfaff Coverlock creative 4874, что позволит снизить количество брака экспортной продукции, увеличить производительность, а соответственно, объем экспорта и прибыль; организация пошива детских зимних курток из инновационного сырья ШелТер и продвижение их на российский рынок с использованием системы скидок, что позволит предприятию получить дополнительный объем экспорта в размере 26269 тыс. рос. р.

Таким образом, все предложенные мероприятия являются экономически целесообразными и помогут совершенствовать экспортную деятельность ЗАО ОПТФ «Світанак».

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Романовский, В. П.** Справочник по холодной штамповке / В. П. Романовский. – 6-е изд., перераб. и доп. – Ленинград: Машиностроение, 1979. – 520 с.
2. **Аверкиев, Ю. А.** Технология холодной штамповки: учебник для вузов / Ю. А. Аверкиев, А. Ю. Аверкиев. – Москва: Машиностроение, 1989. – 304 с.
3. **Сторожев, М. В.** Теория обработки металлов давлением / М. В. Сторожев, Е. А. Попов. – Москва: Машиностроение, 1971. – 424 с.
4. **Ипполитов, А. О.** Влияние толщины проката на механические свойства листовой стали Ст 3 [Электронный ресурс] / А. О. Ипполитов, В. Б. Белоусов // Студенческая научная весна. Машиностроительные технологии: материалы Всерос. науч.-техн. конф., Москва, 6–9 апр. 2021 г., МГТУ им. Н. Э. Баумана. – Москва: КванторФорм, 2021. – Режим доступа: [studvesna.ru?go=articles&id=3042](http://studvesna.ru/go=articles&id=3042). – Дата доступа: 09.09.2021.
5. **Belousov, V. B.** How the Material Thickness Affects 0,08 % Carbon Cold-Rolled Sheet Steel / V. B. Belousov, S. A. Tiplin, Y. G. Kalpin // Solid State Phenomena. – 2020. – Vol. 299. – P. 409–417.

УДК 621.357.7

## МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ КИНЕТИЧЕСКИХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ИМПУЛЬСНЫХ И РЕВЕРСИРОВАННЫХ ТОКОВ

И. П. БЕЛОЦКИЙ, Д. Ю. ГУЛЬПА

Научный руководитель И. И. КУЗЬМАР, канд. техн. наук

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
Минск, Беларусь

Применение нестационарных режимов электроосаждения гальванических покрытий позволяет эффективно управлять структурой, элементарным составом и свойствами осадков. Разработан метод исследования кинетических закономерностей при воздействии импульсных униполярных (ИТ) и реверсированных токов (РТ), основанный на одновременной регистрации значений электродных потенциалов, наблюдаемых в прямой импульс (максимальное  $U_{\max}$ ) и в паузу или обратный импульс (минимальное  $U_{\min}$ ), используя потенциостата-гальваностата «ElinsP-45X» с последующей обработкой массива получаемых данных и интерпретацией результатов.

Поскольку исследования кинетических закономерностей электродных процессов подразумевали обработку большого массива данных, на что требовалось около 2...3 ч работы, с высокой вероятностью ошибки, была поставлена задача по автоматизации этого процесса. Разработано приложение с простым и удобным пользовательским интерфейсом *Galvan-kinetics*. Основные требования при разработке программы – скорость обработки, точность получаемых на выходе значений, выявление и игнорирование в процессе обработки случайных погрешностей.

Программа имеет следующие алгоритмы определения ошибочных данных и случайных погрешностей: алгоритм определения неверного формата данных, алгоритм определения случайных ошибок, алгоритм определения ошибок в циклах, алгоритм определения ошибок в исследовании. Затрачиваемое на обработку одного исследования время сократилось до 3 с, а вероятность допустить ошибку стала близка нулю. Принцип действия приложения основан на том, что после запуска программы и выбора папки с файлами, которые нужно обработать, в её родительском каталоге создается новый excel файл, название которого будет соответствовать названию обработанной папки. Файл содержит следующую информацию: в столбце «I» перечислены значения плотности поляризующего тока, взятые из названия файлов; значения будут представлены по всем циклам (max и min); в графе «Average» представлены средние значения между циклами, а также среднее значение между  $U_{\max, \text{ср}}$  и  $U_{\min, \text{ср}}$ . Результаты расчетов верифицированы на примере исследования кинетических закономерностей процесса поликомпозиционного никелирования (рис. 1).

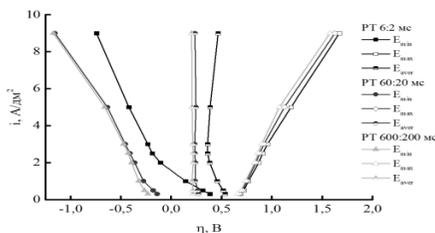


Рис. 1. Кинетические закономерности процесса поликомпозиционного никелирования

УДК 338.2

## ПРОБЛЕМЫ СТАНОВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ПОЛИТИКИ В РЕГИОНАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Е. К. ВЕРЕЙКИНА

Научный руководитель А. А. ТЮТЮННИК, канд. экон. наук, доц.

Филиал «Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
в г. Смоленске  
Смоленск, Россия

В настоящий момент Россия находится на стадии инновационного развития, поэтому доля организаций, занимающихся разработкой или внедрением новых технологий, составляет около 10 %. В некоторых регионах и городах России, а также в административных центрах регионов и городов-миллионников наблюдается недостаточная конкурентоспособность своего хозяйства в мировом и региональном масштабах. Также к таким относятся поселения и города, которые были созданы в связи с решением старых геополитических проблем (военные городки, закрытый административно-территориальный район, монопрофильные поселения и т. п.). За счет неэффективной пространственной организации бюджет РФ ежегодно теряет от 2,25 %...3,0 % ВВП (в среднем по России) в год. С этим связано создание новой региональной политики и ее внедрение в жизнь. Однако есть факторы, которые этому препятствуют.

С одной стороны это связано с тем, что регионы по-разному адаптируются в рыночных условиях и с другой – с существующими экономическими различиями. Именно поэтому инновационная активность является технологической, а выравнивание ее инновационного потенциала возможно только при наличии технологического характера региона или его территории (если он имеет технологический характер).

Мировой опыт показывает, что без интереса предпринимателей к новым технологиям не обойтись. К сожалению, на сегодняшний день лишь около 10 % российских компаний занимаются всем спектром инновационных проектов, а в Германии – почти 80 %. Большинство компаний не вкладывают средства в инновации из-за того, что они покупают новые машины и оборудование. Если говорить о науке – Россия тратит очень большие средства. Отстает Россия лишь от США, Японии и Германии, но по общему объему затрат на инновации она уже давно находится в десятке мировых лидеров. Однако лишь один процент компаний получает поддержку из бюджета на инновационные цели, в то время как в Финляндии эта цифра составляет 16 %.

Базовые условия для повышения инновационной активности – это адекватная конкуренция (например, в сфере интеллектуальной собственности), создание цивилизованного рынка прав на объекты интеллектуальной собственности, обеспечение ее защиты и т. п. Без этих условий инициативы будут носить лишь ограниченное действие и не смогут оказать масштабные и устойчивые позитивные перемены в структуре и темпах экономического роста.

УДК 004.77

## ВНЕДРЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБЛАЧНЫХ СЕРВИСОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ИТ-ПРОЕКТАМИ В СФЕРЕ МАЛОГО БИЗНЕСА

Е. К. ВЕРЕЙКИНА

Научный руководитель А. А. ТЮТЮННИК, канд. экон. наук, доц.  
Филиал «Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
в г. Смоленске  
Смоленск, Россия

Из-за ограниченного бюджета малого бизнеса его представители не могут позволить себе крупные инвестиции в развитие инфраструктуры ИТ-проектов. Как правило, в условиях высокой стоимости технических и программных средств они вынуждены пользоваться для автоматизации наиболее критичных бизнес-процессов с использованием простых типовых технических решений бесплатными или дешевыми массовыми тиражными программными продуктами или инструментальными средствами, такими, как MS Office (Word, Excel). Данные Росстата за 2019 г. показывают, что доля организаций, которые инвестируют в развитие информационных технологий, составляет 0,05 % от общего числа организаций.

Главным фактором работы организации со стороны трудовых ресурсов являются ИТ-специалисты, которые и определяют ее стратегию развития. В 2020 г. доля ИТ-специалистов в экономике РФ составила 1,47 % от всего работающего населения, или 1,34 % – от трудоспособного. Последний показатель в США – 3,74 %, в Великобритании 3,16 %, в Германии 3,14 %.

Решением проблемы отсутствия или недостаточного количества ИТ-проектов для автоматизации бизнес-процесса является разработка и внедрение перспективных и быстро развивающихся направлений в решении задачи минимизации затрат на его создание – применение облачных сервисов. В основе новой парадигмы лежит новая технология удаленной и распределенной обработки и передачи данных, которая обеспечивает предоставление пользователю удаленного серверного ресурса и мощности как интернет-услуги. В качестве наиболее подходящих облачных технологий можно назвать: Мегаплан, Битрикс 24, Лига.

Облачные сервисы позволяют сократить затраты на информационные технологии, техническую поддержку или сопровождение информационных систем, а также отказаться от них при исчезновении потребности, дают определенную гибкость в соответствии с запросами, а также полную прозрачную и предсказуемую экономию средств. К основным ограничениям в использовании облачных сервисов относятся риски, связанные с информационной безопасностью, обеспечением конфиденциальной информации, возможностью доступа к интернету.

УДК 621.9

## МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ СИЛ РЕЗАНИЯ ПРИ РАЗРУШЕНИИ КАЛИЙНЫХ ПОРОД

Д. Д. БОГДАН, И. А. ГОРАВСКИЙ

Научный руководитель А. Н. ЖИГАЛОВ, канд. техн. наук, доц.  
Барановичский государственный университет  
Барановичи, Беларусь.

При добыче калийной руды на твердосплавный горно-режущий инструмент оказывают влияние силы резания, возникающие в месте контакта режущего элемента и обрабатываемого материала, величины которых зависят от таких параметров, как режимы резания (глубина резания  $t$ , подача  $s$ , скорость резания  $v$ ), геометрические параметры инструмента (передний угол  $\gamma$ ), физико-механические свойства обрабатываемого материала.

Исследования сил резания  $P_x$ ,  $P_y$ ,  $P_z$  производили на станке вертикально-фрезерном модели JUM-1464, в шпинделе которого на конусе устанавливалось специально изготовленное приспособление, состоящее из реактивной штанги, на другом конце которой закреплялся твердосплавный резец из сплава ВК8 с возможностью поворота самого резца относительно плоскости резания.

В станочных тисках размещались образцы калийной руды. Значения оставляющих силы резания  $P_x$ ,  $P_y$ ,  $P_z$  фиксировались динамометром трехкомпонентным МЗЗ-5к-10к-600, закрепленным на столе станка и в котором устанавливались станочные тиски. Сигналы от динамометра выводились на компьютер. Обработка сигналов осуществлялась с помощью программного обеспечения ПРОФИ-6К фирмы ООО «Тилком» (Россия).

В связи со сложным характером влияния параметров обработки  $t$ ,  $s$ ,  $v$  и  $\gamma$  на силовые показатели процесса резания, исследования проводили в несколько этапов. Сначала определяли частное влияние на силы резания только одного параметра  $t$ ,  $s$ ,  $v$  или  $\gamma$ , при неизменном условии постоянства всех прочих параметров. Режимы резания при проведении однофакторных исследований выбирались из диапазонов, наиболее приемлемых для реальных условий обработки. Полученные результаты измерений аппроксимировались кривыми тренда в виде полинома второго порядка на основании рекомендаций. Затем определяли уравнения кривых тренда сил  $P_x$ ,  $P_y$ ,  $P_z$  от  $t$ ,  $s$ ,  $v$ ,  $\gamma$  и проводили сравнение по влиянию каждого из параметров обработки на силовые показатели.

На заключительном этапе проводили оптимизацию процесса резания путем разработки математических моделей силовых воздействий при процессе резания твердосплавным горно-режущим инструментом от комплексного влияния режимов резания. Использовался многофакторный эксперимент с центральным композиционным планом второго порядка для трех факторов, состоящий из плана эксперимента типа  $2^3$ . Результаты обрабатывались в виде функциональных зависимостей  $P_{z,y,x} = C t^x s^y v^z$ . Получена математическая модель силы резания  $P_z$ , представленная в виде:  $P_z = 20000 t^{0,34} s_{\min}^{0,29} v^{-1,28}$ .

УДК 621.7

### СОВМЕЩЕНИЯ ВЫТЯЖКИ И ОТБОРТОВКИ ПРИ ШТАМПОВКЕ ПОЛОЙ ОСЕСИММЕТРИЧНОЙ ДЕТАЛИ

М. В. БОДНАР, Р. Е. СИЛАНТЬЕВ  
Московский политехнический университет  
Москва, Россия

Увеличение производительности и экономии материала – наиболее перспективные направления в современном машиностроении. Основные рекомендации, приведенные в справочных материалах, основаны на опытных материалах, полученных экспериментальным путем. Однако эксперименты часто ограничены по своим возможностям из-за больших временных и материальных затрат. Использование современных программных комплексов позволяет получить необходимые данные расчетным путем.

Данная работа выполнялась в ПО AutoForm на основе технологического процесса изготовления осесимметричной детали, изготовление которой имеет следующую последовательность: вырубка, вытяжка за три операции, калибровка, пробивка, обрезка, обратная вытяжка. Чертеж детали представлен на рис. 1.

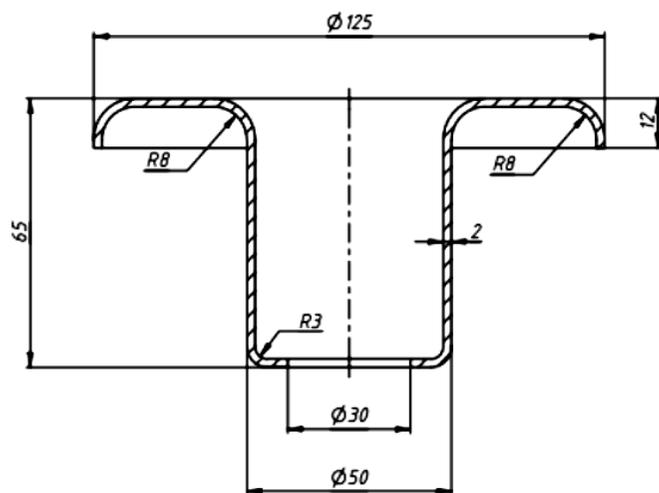


Рис. 1. Чертеж детали

В рамках исследования было решено уменьшить количество операций вытяжки на одну и заменить вторую вытяжку на вытяжку-отбортовку. Изменение технологии позволило добиться существенных изменений. Если в исходной технологии при попытке получить деталь за два вытяжных перехода наблюдались разрывы, то в исследуемой с предварительно вырубленным отверстием такого не наблюдалось.

УДК 004.42

### АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И ВНЕДРЕНИЯ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ С КЛИЕНТАМИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Е. К. ВЕРЕЙКИНА  
Научный руководитель А. А. ТЮТЮННИК, канд. экон. наук, доц.  
Филиал «Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
в г. Смоленске  
Смоленск, Россия

Веб-приложение должно представлять интересы и ассортимент предлагаемой продукции организации в сети Интернет, поддерживать его положительный и современный имидж, отвечать запросам клиентов, знакомить потенциальных клиентов с реализуемой продукцией организации. Также веб-приложение должно осуществлять возможность заказа онлайн кондитерских изделий, знакомить потенциальных клиентов с ассортиментом реализуемой продукции, а также осуществлять полную информационную и консультационную поддержку потенциальных клиентов.

Основной проблемой на первоначальном этапе внедрения веб-приложения будет проблема дублирования заявок и неточности, часть клиентов может как дублировать свои заявки посредством заказа через веб-приложение и отправления заявки посредством электронной почты, так и комбинировать данные способы, то есть менеджеры клиента могут сначала осуществить заказ через веб-приложение, затем дополнить свою заявку через электронную почту. Все эти процессы усложняют на первом этапе внедрения веб-приложения деятельность менеджеров по работе с клиентами производственной организации. Менеджеры должны оперативно отслеживать заявки как по традиционным каналам связи, так и по заявкам, поступающим через веб-приложение.

В то же время можно добавить такой важный и повсеместно используемый инструмент, как отзыв в веб-приложении. Любой посетитель сможет оставить отзыв о работе организации, с которым могут ознакомиться все посетители веб-приложения, а также свое мнение по каждой ассортиментной позиции, что понравилось, а что нет. Все это поможет потенциальным клиентам быстрее ориентироваться в ассортименте предлагаемых кондитерских изделий. При разработке веб-приложения следует учесть определенный функционал данного приложения, который позволит клиентам осуществлять заказ гораздо проще и быстрее. Одной из таких особенностей веб-приложения должна быть его полная мобильность и возможность осуществления заказа через мобильные устройства. Таким образом, благодаря автоматизации с помощью веб-приложения процесса взаимодействия с клиентами появится возможность заключения сделок гораздо быстрее и сделает этот процесс более удобным для потенциальных клиентов.

## ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ПОРТФЕЛЯ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

О. В. БУЛЫГИНА

Филиал «Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
в г. Смоленске  
Смоленск, Россия

Отбор перспективных инновационных проектов в состав портфеля должен основываться на анализе множества факторов внутренней и внешней среды предприятия, которое будет их реализовывать. Для поддержки решений в этой области разработан специальный контроллер, который назначает «справедливые» приоритеты проектам-опциям. Он реализован в виде агентной программы, входящей в состав имитационной модели, созданной в системе моделирования *Actor Pilgrim* (рис. 1).

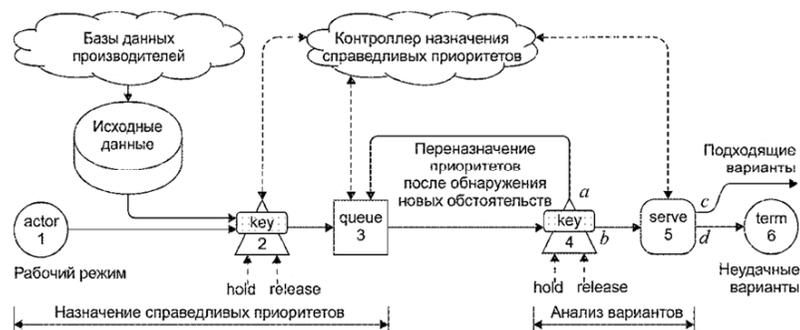


Рис. 1. Динамическое назначение «справедливых» приоритетов

Генератор заявок actor(1) осуществляет формирование акторов-опций (инновационных проектов), которые поступают в узел key (2), где каждому из них назначается «справедливый» приоритет (на основе анализа сформированного набора факторов с использованием алгоритмов нечеткой логики). Затем «заряженные» таким образом акторы-опции поступают в очередь queue (3), где они автоматически упорядочиваются уже по правилу относительных приоритетов. Постепенно в очереди queue (3) накапливается набор акторов-опций с наиболее высокими приоритетами.

При поступлении каждого нового проекта происходит переназначение справедливых приоритетов всем акторам, находящимся в очереди queue (3).

После рассматривания всех опций (или при принятии решения о преждевременном завершении процедуры анализа проектов) подходящие варианты предоставляются экспертам, а остальные – удаляются.

*Работа выполнена при поддержке Гранта Президента РФ МК-1534.2020.9.*

Расчеты проводились с разными диаметрами пробиваемого отверстия, т. к. не было известно, какой диаметр является оптимальным. В ходе работы был выведен график экономии материала по отношению к отверстию в зависимости от размера пробиваемого отверстия (рис. 2).

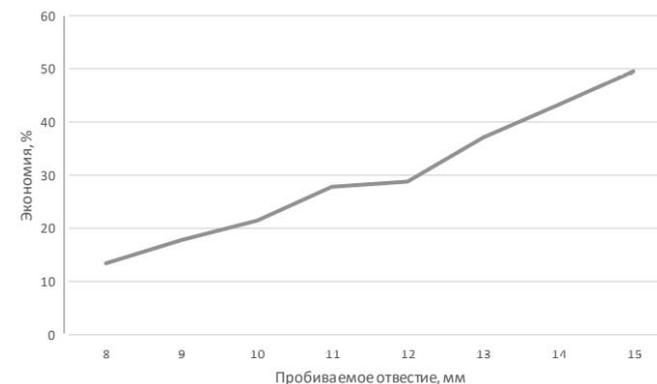


Рис. 2. Экономия материала в зависимости от диаметра пробиваемого отверстия

**Вывод:** внедрение операции «вытяжка-отбортовка» в технологический процесс приносит ряд преимуществ, такие как повышенный КИМ (в нашем случае он увеличился с 0,68 до 0,7); сниженная металлоёмкость штампа, связанная с заменой формоизменяющей операции на разделительную; а также более благоприятный процесс формоизменения.

УДК 004.414

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
ТЕХНИЧЕСКИ ОБОСНОВАННЫХ НАСТРОЕЧНЫХ РАЗМЕРОВ  
УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ,  
ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ФОРМИРОВАНИЕ ТРЕБУЕМОЙ ТОЧНОСТИ  
ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

Д. Е. ВАСИЛЬЕВА, Н. А. ПЕТРОВА

Научный руководитель С. В. СОРОКИН, канд. техн. наук, доц.

Брянский государственный технический университет  
Брянск, Россия

Одним из важнейших этапов технологической подготовки производства является проведение размерно-точностного анализа, который определяет возможность выполнения размеров, указанных конструктором на чертеже, с требуемой точностью на основе анализа размерных связей. При этом решаются следующие задачи:

– влияние расположения технологических баз и стратегии обработки элементарных поверхностей согласно технологическому процессу (ТП) на простановку технологических размеров;

– передача в САМ-модуль интегрированной САПР величины технологического размера, с учетом влияния элементарных составляющих суммарной погрешности обработки.

Выделяют два критерия оптимизации размерно-точностного анализа: во-первых, это минимизация суммарного припуска на механическую обработку с целью повышения коэффициента использования материала, и, во-вторых, сокращение числа рабочих ходов при совпадении технологических, конструкторских и измерительных баз с целью уменьшения машинного времени.

При обеспечении технологичности конструкции изделия одной из главных задач является достижение оптимальных затрат на выполнение проектных работ, подготовку производства и изготовление при достижении показателей качества деталей в конкретных производственных условиях.

Математическая модель процесса обеспечения технологичности изделия представляется воздействием размеров изделия на множество параметров точности  $X = \{x_1, \dots, x_n\}$ , обеспечивающее достижение экстремума при соблюдении сформулированных ограничений следующего вида:  $g_i(X) = 0$  и  $h_j(X) \geq 0$ .

Проводимые исследования позволяют создать программный модуль системы согласования этапа технологической подготовки производства и разработки управляющей программы для станков с ЧПУ, интегрированный в состав САМ-системы.

поэтому специалисты данной квалификации могут работать и на других должностях, например, специалист службы технической поддержки, SMM-менеджер, бухгалтер-аналитик и т. д.

Стоит отметить, спрос на таких специалистов растет, поэтому перспективы для этого достаточно хорошие. Вероятность продвижения по карьерной лестнице также высокая, но для этого необходимо иметь аналитический склад ума, навык общения с людьми, работы в команде. На это, в первую очередь, обращают внимание работодатели, ведь залог хорошей работы организации – правильно подобранный специалист.

Таким образом, идеология бизнес-анализа дает возможность формировать контуры будущего и прогнозировать траекторию предстоящего развития коммерческой организации. При этом под будущим можно понимать предположения о наиболее возможных состояниях рынка и связанных с этим проблемных ситуациях, о предполагаемых изменениях различных групп влияния и их требований [2, с. 23].

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глоссарий профессионального стандарта «Бизнес-аналитик» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://russia.iiba.org/ru/glossariy-professionalnogo-standarta-biznes-analitik>. – Дата доступа: 06.09.2021.
2. **Бавриленко, В. И.** Основы бизнес-анализа: учебно-методическое пособие / В. И. Бавриленко. – Москва : КНОРУС, 2018. – 270 с.

## БИЗНЕС-АНАЛИТИК: ЕГО РОЛЬ И ФУНКЦИИ В РАЗВИТИИ СОВРЕМЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

А. Н. БРЕЗИНА

Научный руководитель Д. В. ЛАБУН

Барановичский государственный университет

Барановичи, Беларусь

Сегодня любая организация, желающая успешно развиваться, требует наличия в своем штате такого специалиста, как бизнес-аналитик.

Одной из наиболее популярных организаций, способствующих развитию бизнес-анализа, является Международный институт бизнес-анализа (ИВА). С точки зрения данной организации бизнес-аналитик – специалист, обладающий компетенциями, необходимыми для решения задач бизнес-анализа и реально выполняющий эти задачи [1].

Бизнес-аналитик использует методы для исследования проблем в организации и их эффективного решения. Этот специалист анализирует внутреннюю и внешнюю среду компании для улучшения ее финансовых показателей.

У каждого сотрудника есть свои непосредственные обязанности. Для бизнес-аналитика это следующие:

- сбор информации. Она является важнейшим индикатором состояния организации. С её помощью бизнес-аналитик предотвращает появление проблем или находит пути их решения;
- работа с клиентами. Бизнес-аналитик является связующим звеном между заказчиком и фирмой. Он узнает пожелания заказчика, его требования к получаемому продукту;
- контроль над качеством выпускаемых продуктов фирмы. На данном этапе бизнес-аналитик следит за тем, чтобы продукция, поступившая заказчику, соответствовала высокому уровню, а также удовлетворяла всем его требованиям;
- сбор документации;
- сравнительный анализ деятельности организации по собранной документации;
- подготовка и создание презентаций, которые позволяют наглядно увидеть состояние бизнес-процессов в организации. Для этого используются графики, диаграммы, рисунки и схемы.

Профессия бизнес-аналитика высокооплачиваемая, престижная и актуальная в современной мировой экономике. Имеет широкий круг обязанностей,

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ МАШИННЫХ МЕТЧИКОВ

К. С. ВИННИЧЕК, Т. П. ЛИТВИНОВИЧ

Научный руководитель А. Н. ЖИГАЛОВ, канд. техн. наук, доц.

Барановичский государственный университет

Барановичи, Беларусь

В процессе резания на метчик действуют внешние и внутренние осевые и радиальные силы. Осевые силы резания стараются вытолкнуть метчик из нарезаемого отверстия, и под их воздействием опорные режущие кромки метчика снимают дополнительную стружку, увеличивая ширину впадины нарезаемой резьбы, при этом искажается ее шаг и профиль. Внешние осевые силы, направленные в сторону осевых сил резания, и радиальные колебания метчика под действием внутренних и внешних радиальных сил также влияют на эти явления. Внутренние радиальные силы вызваны радиальным биением режущих кромок метчика, разной длиной главных режущих кромок на разных перьях. Неточность установки метчика в патроне или биение шпинделя станка вызывают внешние радиальные силы. В результате чего средний диаметр нарезаемой резьбы становится больше среднего диаметра резьбы метчика, появляется так называемое разбивание резьбы [1].

Для решения этой проблемы предлагается изменить конструкцию метчика и схему резания. Изменение геометрических параметров метчика: увеличение передних и задних углов, оптимизация угла в плане и угла наклона стружечных канавок. Наиболее эффективным будет изменение угла их наклона (около  $30^\circ$ ), которое создаст осевую силу по подаче метчика и уменьшит избыточную осевую силу, действующую на метчик. Можно изменить и схемы резания, уменьшающие осевые силы. Более рациональными будут схемы, представленные на рис. 1, т. к. в процессе резания развивается осевая сила резания  $P_p$  по подаче метчика, значение которой можно подобрать приблизительно равным значению внешней осевой силы  $P_e$ , изменяя угол  $\phi$ . В результате суммарная осевая сила  $P_p + P_e \approx 0$ , а разбивание профиля резьбы будет незначительным.

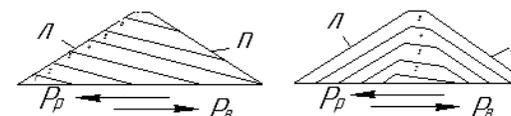


Рис. 1. Схемы нарезания внутренней резьбы:  $P_p$  – осевая сила резания;  $P_e$  – внешняя осевая сила;  $l$  – левая сторона резьбы;  $n$  – правая сторона резьбы

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шагун, В. И. Взаимосвязь между разбиванием внутренней резьбы и ее точностью / В. И. Шагун // Наука – производству: сб. – Минск, 1963. – С. 34–40.

УДК 622.788.32 : 621.979.21.06 : 683.376.25 (043.2)

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАСЧЕТА КОЛЕБАНИЙ  
ПОДПРУЖИНЕННОГО ВАЛКА ВАЛКОВОГО ПРЕССА

О. М. ВОЛЧЕК

Научный руководитель В. Я. ПРУШАК, д-р техн. наук, проф.  
Барановичский государственный университет  
Барановичи, Беларусь

Выполнено моделирование колебаний подпружиненного вала валкового пресса, предназначенного для компактирования мелкодисперсных сыпучих материалов типа порошкообразных минеральных удобрений. В качестве исходного образца для моделирования выбрана конструкция валкового пресса, содержащая блок подачи сыпучего материала и два параллельных, горизонтально расположенных вала, вращающихся навстречу друг другу, разделенных небольшим зазором, при этом один валок установлен на неподвижной оси, а другой – на подвижной подпружиненной, с возможностью перемещения перпендикулярно к неподвижной оси ответного вала. На рис. 1 представлена расчетная схема, предназначенная для описания колебаний подпружиненного вала.

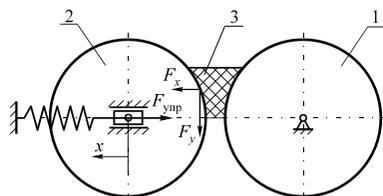


Рис. 1. Расчетная схема колебаний подпружиненного вала: 1 – валок с неподвижной осью; 2 – валок с подвижной осью; 3 – прессуемый материал

При разработке расчетной схемы исходили из условия, что при вращении валков на них действуют распределенные силы со стороны прессуемого материала. Проекция равнодействующей этих сил на рис. 1 обозначены через  $F_x$  и  $F_y$ . В свою очередь, препятствуют горизонтальному перемещению подвижного вала силы упругости  $F_{упр}$ .

В результате выполненного моделирования колебаний подпружиненного вала при взаимодействии прессуемого порошка с валками получена зависимость силы, действующей на валок, от величины зазора между валками, которая имеет ярко выраженный нелинейный характер и может быть описана степенной функцией с отрицательным показателем степени. Разработанный подход к расчету колебаний подпружиненного вала вальц-пресса позволяет учесть особенности деформирования прессуемого порошка и, наряду с оценкой частот и амплитуд колебаний, установить оптимальные значения коэффициента жесткости пружины, исключающие появление резонанса в машине.

УДК 33

ВОЗДЕЙСТВИЕ ФАКТОРОВ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ  
НА ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЙ

Я. С. БОГДАН, А. В. ХЛЕБОВИЧ

Научный руководитель И. С. ХАРКЕВИЧ  
Барановичский государственный университет  
Барановичи, Беларусь

Актуальность данной темы обусловлена тем, что оценка внешней среды предприятия позволит установить определённую связь между процессами и выявить их характер влияния на само предприятие с учётом существующих возможностей и угроз. Если же не учитывать характер влияния внешней среды на предприятие, тогда оно будет не способно эффективно функционировать на рынке [1].

Внешние факторы подразделяются на две основные группы: прямого и косвенного воздействия (PEST-факторы). К первой группе факторов относят: поставщиков, потребителей, конкурентов. Факторы косвенного воздействия рассмотрим в виде таблицы [2].

Табл. 1. Факторы косвенного воздействия

<i>Политические</i>	<i>Экономические</i>
К данным факторам относят органы государственного управления, которые влияют на деятельность предприятий	Рассматриваются прогнозы развития экономики страны в краткосрочной и долгосрочной перспективе
<i>Социальные</i>	<i>Технологические</i>
Изучается уровень конкуренции, распределение доходов и расходов населения, а также демографическая ситуация страны в целом	Представляют наибольшую ценность, т. к. научно-технический прогресс в настоящее время набирает особую значимость и оказывает существенное влияние на все сферы экономики

Таким образом, отметим, что существует множество внешних факторов, оказывающих влияние на работу предприятий, но наиболее значимым из них в настоящее время является инновационно-технологический фактор, т. к. он ориентирован на разработку и освоение новых продуктов, технологий, которые способствуют повышению экономических показателей предприятий и развитости инновационно-технологической базы и состояния экономики в целом.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Экономика предприятия [Электронный ресурс] // Внутренняя и внешняя среда предприятия. – Режим доступа: <https://econ.wikireading.ru/30350>.
2. Баранчев, В. Н. Управление инновациями / В. Н. Баранчев, Н. П. Масленникова, В. М. Мишин. – Москва: Юрайт, 2011. – 720 с.

УДК 336.717.061

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОЛОГИИ NET PROMOTER SCORE (NPS)  
ДЛЯ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ЛОЯЛЬНОСТИ БАНКОВ

В. А. АЗАРОВА  
Научный руководитель Л. В. ОЛЕХНОВИЧ  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Методология определения оценки уровня лояльности принадлежит американскому учёному автору множества публикаций по маркетингу, Фреду Райхельду. В 2006 г. данный показатель стал популярным среди таких известных компаний, как Apple, Siemens, Phillips, American Express. Этот факт повысил доверие к данной методологии у потенциальных потребителей. Белорусские банки воспользовались ею в 2017 г. Исследование проводилось путём телефонного опроса руководителей и главных бухгалтеров компаний Минска, Минского района, а также расположенных на территории областных центров Беларуси. Результат по стране составил 61 п. п., что свидетельствовало о благоприятном положении на рынке услуг. Исследования банковского сектора России, проводимые национальным агентством финансовых исследований (НАФИ), представлены в табл. 1.

Табл. 1. Показатель индекса NPS банков России

Год	Показатель NPS, п. п.
2016	43
2017	39
2018	29
2019	14
2020 (январь)	5
2020 (август)	13

Эксперты НАФИ предполагают, что снижение лояльности к банкам связано с ростом финансовой грамотности клиентов и навязыванием банками услуг, что не устраивает клиентов банков, которых меньше интересуют новые технологии банка и онлайн-каналы.

Тактическая задача процедуры оценки NPS – не допустить снижения лояльности коммерческого банка во избежание банковских потерь.

Для максимально объективного результата исследования необходимо не только совершать телефонные звонки респондентам, но и использовать обширную выборку данных; добавлять опрос на сайт после действия (заказа, закрытия чата поддержки); применять e-mail-рассылку с сообщением о подтверждении заказа; создавать всплывающие окна на сайте; проводить опросы в социальных сетях.

Объективная оценка индекса NPS выгодна всем – и банкам, и клиентам. Банкам необходима информация для улучшения качества услуги, клиентам – об актуальном состоянии дел.

УДК 621.7.015

ДИСЛОКАЦИОННАЯ СТРУКТУРА ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ  
ДЕТАЛЕЙ МАШИН ПОСЛЕ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ

Ж. А. ВЫГОЛКО  
Научный руководитель А. В. ТОТАЙ, д-р техн. наук, проф.  
Брянский государственный технический университет  
Брянск, Россия

Критическое разрушение деталей машин, эксплуатирующихся в режиме циклических нагружений, наступает, как правило, при достижении плотности дислокаций в приповерхностном слое конструкционного материала порядка  $10^{12}$  на квадратный сантиметр.

Попытки теоретически прогнозировать долговечность деталей крайне редко приводят к объективным оценкам, т. к. аналитические зависимости основаны на знании модуля упругости для конкретного материала и не учитывают его конкретного значения, сформированного в результате технологического воздействия.

Получить конкретную теоретическую зависимость для расчета плотности дислокаций можно только приняв во внимание силовые, скоростные и температурные факторы процесса обработки, что возможно сделать с помощью коэффициента, который согласно теории пластических деформаций металлов может колебаться в очень широких пределах (от 1,1 до 3,5) [1, 2].

Удовлетворительное экспериментальное подтверждение приведенным аналитическим подходом было получено при исследовании плотности дислокаций металла поверхностного слоя после течения и алмазного выглаживания нормализованной стали 45. В качестве инструментов использовались резцы из минералокерамики ВОК-71 и выглаживатель с АСПК.

Анализируя влияние факторов течения на плотность дислокаций следует отметить увеличение этого параметра при росте глубины резания, подачи и радиуса инструмента и его уменьшение с ростом скорости резания, что связано как с уменьшением контактных давлений при увеличении скорости, так и с возрастающей пластичностью материала под действием более высоких температур поверхностного слоя.

Увеличение глубины резания, подачи и радиуса при вершине способствует увеличению влияния как деформационных, так и тепловых явлений, что инициирует более активное движение уже имеющихся дислокаций и зарождение новых.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Тотай, А. В.** Технологическое обеспечение физико-химических свойств поверхностного слоя деталей машин / А. В. Тотай // Научно-технические проблемы машиностроения. – 2012. – № 9. – С. 8–11.
2. **Партон, В. З.** Механика упругопластического разрушения / В. З. Партон, Е. М. Морозов. – Москва: Наука 1985. – 504 с.

УДК 621.785

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ  
ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ НАИБОЛЬШЕЙ СТОЙКОСТИ ОСЕВОГО  
ФРЕЗЕРНОГО ИНСТРУМЕНТА ИЗ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ Р6М5,  
УПРОЧНЕННОГО АЭРОДИНАМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

И. А. ГОРАВСКИЙ, Д. Д. БОГДАН

Научный руководитель А. Н. ЖИГАЛОВ, канд. техн. наук, доц.  
Барановичский государственный университет  
Барановичи, Беларусь

У концевого фрезерного инструмента из быстрорежущей стали Р6М5 имеется существенный недостаток – стойкость его низка. По ГОСТ 17024–82 – не более 60 мин. Актуальной задачей стоит повышение его стойкости. Разработан метод аэродинамического звукового упрочнения (АДУ) [1], заключающийся в воздействии волнами звуковой частоты, который способен повысить стойкость. Проведены экспериментальные исследования и получена теоретическая зависимость определения стойкости быстрорежущего инструмента из стали Р6М5, упрочненного методом АДУ, от режимов резания: скорости, подачи, глубины резания:

$$T_y = -195 \cdot v^2 + 6483 \cdot v - 9680439 \cdot s_z^2 + 1032595 \cdot s_z - 2763 \cdot t^2 + 3906 \cdot t - 66435.$$

Анализ зависимости показывает, что наибольшее влияние на снижение стойкости  $T_y$  упрочненных методом АДУ фрез из Р6М5 оказывает скорость резания  $v$ , затем подача на зуб  $s_z$ , наименьшее влияние оказывает глубина резания  $t$ . Так при увеличении на 20 % скорости резания стойкость  $T_y$  уменьшается на 20 %, при увеличении на 20 % подачи на зуб стойкость  $T_y$  уменьшается на 10 %, а при увеличении на 20 % глубины резания стойкость  $T_y$  уменьшается на 1 %.

После компьютерного моделирования зависимости  $T_y$  для фрез Р6М5, упрочненных методом АДУ, найдены оптимальные значения подачи  $s_z$ , скорости  $v$  и глубины резания  $t$ , при которых обеспечивается максимальная стойкость фрез Р6М5:  $v_{\text{опт}} = 16,4$  м/мин;  $s_{z\text{опт}} = 0,053$  мм/зуб;  $t_{\text{опт}} = 0,7$  мм. При таких режимах  $T_y = 15583$  мм.

Таким образом, при фрезеровании на оптимальных режимах резания стали 45 фрезами из быстрорежущей стали Р6М5, упрочненных методом АДУ, обеспечивается повышение стойкости фрез в 1,74 раза.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жигалов, А. Н. Теоретические основы аэродинамического звукового упрочнения твердосплавного инструмента для процессов прерывистого резания : монография / А. Н. Жигалов, В. К. Шелег. – Могилев : МГУП, 2019. – 213 с.
2. Горавский, И. А. Методика проведения измерения износа вращающегося режущего инструмента, упрочненного аэродинамическим звуковым методом / И. А. Горавский, А. Н. Жигалов, Т. В. Дейхина // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 23–24 апр. 2020 г. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2020. – С. 37–38.

УДК 620.179.14

## КОМПЬЮТЕРНОЕ ЗРЕНИЕ В НЕРАЗРУШАЮЩЕМ КОНТРОЛЕ

С. А. ЯМЩИКОВ

Научный руководитель А. В. ШИЛОВ, канд. техн. наук, доц.  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

С развитием высокоскоростных сетей передачи данных в промышленности всё чаще находят применение компьютерное зрение (computer vision / CV) и машинное обучение (machine learning / ML). Начиная от задач распознавания объектов и заканчивая управлением беспилотным транспортом, используются нейронные сети, позволяющие детектировать и классифицировать объекты разных категорий.

Ранее был разработан метод неразрушающего контроля с визуализацией дефектов на магнитной пленке. Суть метода заключается в намагничивании контролируемого объекта с уложенной на его поверхность пленкой. При наличии дефектов в ферромагнитном объекте возникают поля рассеяния, которые фиксируются в виде индикаторных рисунков на пленке. При помощи цифровой камеры получают изображение пленки с индикаторными рисунками, которое затем обрабатывается.

Компьютерное зрение в данном случае применимо как при контроле на монтаже, так и для определения наличия дефектов при непрерывном контроле, отстроившись от поверхностных неровностей режимом намагничивания. При этом, применив глубокое обучение при обработке массивов изображений индикаторных рисунков дефектов различного типа, можно выделить признаки недопустимых и обращать внимание оператора именно на наличие таких дефектов.

Применение сверточной нейронной сети позволит автоматически получить набор признаков из изображений индикаторных рисунков для классификации дефектов, чтобы при анализе получаемого изображения обнаруживать соответствие с шаблонами. Используя алгоритм Виолы – Джонса и каскад классификаторов, можно определить основные типы дефектов и отличить допустимые от недопустимых.

Для оценки допустимости обнаруженных дефектов необходимо знать их тип и размеры. Определив информационные параметры распределения интенсивности в зоне индикаторных рисунков дефектов, можно установить их размеры.

Применение компьютерного зрения и глубокого обучения позволит осуществлять эту процедуру в автоматическом режиме, что открывает новые перспективы данного метода.

## ПРОГРАММИРОВАНИЕ ВЕБ-СЕРВИСА «ЗООПАРК»

А. А. ШПАКОВА

Научный руководитель Э. И. ЯСЮКОВИЧ, канд. техн. наук, доц.  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Разработанный веб-сервис содержит информационный и программный компоненты. Информационный компонент построен на информационной базе данных о животных, а программный предоставляет две услуги: администрирование информационной базы веб-сервиса и ее просмотр.

Программный компонент администрирования информационной базы содержит модуль администратора, позволяющий производить редактирование информационной базы об обитателях зоопарка, т. е. добавлять вновь открывающиеся зоопарки, расширять их информационные ресурсы и, при необходимости, редактировать сведения об обитателях зоопарков.

Для просмотра информационной базы разработан программный компонент с простым и понятным интерфейсом, не содержащим избыточной, отвлекающей пользователя информации.

Для разработки веб-сервиса был выбран язык программирования Python, а в качестве среды разработки программного обеспечения – кроссплатформенная совместимая с Windows среда Pycharm с фреймворком Django, использующим шаблон проектирования Model-View-Controller, позволяющий разделить логику приложения на три части: Model, View и Controller.

На главной странице разработанного веб-сайта содержится список визитных карточек зоосадов городов Беларуси, из которого пользователь может выбрать понравившийся и перейти к его подробному описанию.

На разработанных веб-страницах зоосадов содержится описание: история их возникновения, интересные факты, особенности строения, условия содержания животных, спектр предоставляемых посетителям услуг и многое другое.

Для привлечения внимания посетителей на страницах каждого зоосада размещены яркие фотографии животных – любимцев публики. Кроме этого, для любителей животных, желающих посетить зоосады, и во избежание дополнительных временных затрат на его поиск на веб-странице содержится описание транспорта для перемещения к заданному месту.

Благодаря грамотно спроектированной информационно-справочной системе и пользовательскому интерфейсу разработанный веб-сервис позволяет значительно расширить аудиторию любителей природы, упростить сбор данных о животных, предоставляемых зоопарком услугах и детальной информации о них.

## ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ МЕТАЛЛООБРАБОТКИ

А. В. ГОРИНОВ

Научный руководитель М. Н. НАГОРКИН, д-р техн. наук, доц.  
Брянский государственный технический университет  
Брянск, Россия

Для определения надёжности технологической системы (ТС) по параметрам качества обрабатываемых поверхностей деталей необходимо [1].

1. По результатам проведения активных экспериментов построить модели Кобба-Дугласа формирования в ТС параметров качества в зависимости от факторов обработки:  $Y_i = \beta_0 \cdot X_1^{\beta_1} \cdot X_2^{\beta_2} \cdot \dots \cdot X_k^{\beta_k}$ , где  $Y_i$  –  $i$ -й параметр качества;  $X_i$  –  $i$ -й фактор технологического процесса;  $\beta_0, \beta_i$  – значения коэффициентов регрессии.

2. Методом статистических испытаний Монте-Карло реализовать машинные эксперименты над полученными моделями, в процессе которых с использованием генератора случайных чисел многократно пересчитываются  $N$  значений модели  $Y_i = f(X_1, X_2, \dots, X_k; b_0, b_1, \dots, b_k; S\{\beta_0\}, S\{\beta_1\}, \dots, S\{\beta_k\})$ .

3. Рассчитать для исследуемой ТС вероятность  $P$  формирования регламентированного параметра качества  $Y_i$  поверхности детали в интервале ( $Y_{i \min}, Y_{i \max}$ ):

$$P\{Y_{i \min} < Y_i < Y_{i \max}\} = \Phi\left(\frac{Y_{i \max} - M\{\tilde{Y}_i\}}{S\{\tilde{Y}_i\}}\right) - \Phi\left(\frac{Y_{i \min} - M\{\tilde{Y}_i\}}{S\{\tilde{Y}_i\}}\right).$$

Определялась параметрическая надёжность для различных ТС с применением комбинированных технологий на основе лезвийной обработки цилиндрических и плоских поверхностей деталей (СЧ20, сталь 45) инструментами, оснащенными синтетическими сверхтвёрдыми материалами, модификации поверхностей мягкими приработочными плёнками и обработки методами поверхностного пластического деформирования: ТС «торцевое фрезерование (ТФК10) или точение (ТК10) композитом 10», ТС «ТФК10 или ТК10 + алмазное выглаживание (АВ)»; «ТК10 + нанесение мягкой приработочной плёнки (МП) + АВ»; ТС «ТК10 + МП + АВ» с последующей приработкой соединений.

Установлено, что при одном и том же допустимом отклонении  $\delta$ , %, от регламентированной средней величины в различные ТС различные параметры качества формируются с различной вероятностью. Так, в ТС «ТФК10» для высотных параметров шероховатости вероятность  $P$  их формирования изменяется, например, в интервале  $\pm 0,3\bar{R}_i$  в следующих интервалах: от 0,63 для  $R_p$  до 0,97 для  $R_z$ . В ТС «ТФК10 + АВ» – от 0,73 для  $R_p$  до 0,89 для  $R_a$ .

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нагоркин, М. Н. Параметрическая надёжность технологических систем чистовой и отделочно-упрочняющей обработки поверхностей деталей машин инструментами из сверхтвёрдых синтетических материалов: монография / М. Н. Нагоркин ; под ред. А. В. Киричека. Москва : Спектр, 2017. – 304 с.

УДК 621.993

ПРОБЛЕМЫ НАРЕЗАНИЯ ВНУТРЕННЕЙ МЕЛКОРАЗМЕРНОЙ РЕЗЬБЫ  
В ТРУДНООБРАБАТЫВАЕМЫХ МАТЕРИАЛАХ

Р. М. ДЖЕМАЛЯДИНОВ

Научный руководитель Ч. Ф. ЯКУБОВ, канд. техн. наук, доц.  
Крымский инженерно-педагогический университет имени Февзи Якубова  
Симферополь, Россия

Одной из ответственных операций лезвийной обработки является нарезание внутренней резьбы, т. к. зачастую она является заключительной при обработке корпусных деталей, поэтому поломка инструмента может привести к неисправимому браку изделия из-за высокой стоимости и трудоемкости операций электроэрозионного выжигания поломанного инструмента и восстановления резьбового профиля. Данная проблема явно проявляется при нарезании мелко-размерных внутренних резьб (диаметром до 2 мм) в нержавеющей сталях и титановых сплавах из-за высокой вязкости данных материалов. Поэтому повышение работоспособности мелко-размерных режущих метчиков является актуальной задачей.

На основе анализа литературных данных зачастую данная проблема решается путем изменения геометрии [1], однако на практике это находит свое отражение только при нарезании данных резьб вручную. Попытка механизации процесса приводит к нестабильным результатам и частому выходу из строя инструмента. Кроме того, вклад упруго-пластических деформаций в зоне резания при столь малых величинах срезаемого слоя резко возрастает, что говорит о необходимости обеспечения необходимого угла заострения  $\beta$ . На столь малых диаметрах возможность заточки данного угла будет зависеть от величины зерен карбидов в инструментальном материале. На современном этапе развития производства изготовление мелко-размерных инструментов со сложной геометрией возможно не только из быстрорежущих сталей, но и из различных марок твердых сплавов. Поэтому подбор инструментального материала должен осуществляться с учетом условий обработки.

Параметром износа метчиков зачастую принимают двукратное увеличение крутящего момента. Снижение крутящего момента можно обеспечить за счет применения рациональных составов СОТС. Однако по сегодняшний день нет практических рекомендаций под конкретные условия обработки.

На данном этапе были проведены эксперименты на базе АО «Завод «Фиолент», при нарезании резьб М1,6 и М2 метчиками Sandvik coromant в корпусных деталях из нержавеющей сталей 36КНМ и 14Х17Н2 и титановом сплаве ВТ1-0 с подачей в зону резания этиловых эфиров растительных масел. Результаты показали увеличение стойкости метчиков в среднем в 16 раз.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Евстигнеева, О. Н.** Повышение надёжности работы метчиков при нарезании резьб в глухих отверстиях конструкционно-технологическими методами: дис. ... канд. техн. наук / О. Н. Евстигнеева. – Москва, 2003. – 136 с.

УДК 004.94

РАЗРАБОТКА ТРЕХМЕРНОГО ИГРОВОГО ПРИЛОЖЕНИЯ «БЕЗОПАСНЫЙ  
ДОМ» ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ПОВЕДЕНИЮ В ОПАСНЫХ СИТУАЦИЯХ

С. О. ШАМΠΑНОВ, С. А. ЯМЩИКОВ

Научный руководитель А. В. ШИЛОВ, канд. техн. наук, доц.  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Для обеспечения безопасности при пользовании электрическим и газовым оборудованием, аппаратурой и электроустановками в домашних условиях должны быть реализованы мероприятия, призванные научить людей предотвращению возникновения этих ситуаций. При этом важным является обучение путем моделирования опасных ситуаций в игровой форме с использованием современных информационных технологий.

В лаборатории «Программирование» кафедры «Автоматизированные системы управления» на примере обучающей мобильной игры «Безопасный дом» разработана методика моделирования опасных ситуаций, возникающих в бытовых условиях, по обучению правилам поведения при эксплуатации электрического и газового оборудования.

Разработка происходит в несколько этапов: создание всей графической части, написание кода, сборка проекта и тестирование. Каждый этап создается при анализе опасных ситуаций, чтобы приблизиться к реалистичному результату.

Определены основные направления проектирования обучающих игр:

1) разработка игровых приложений на Unreal Engine 4;

2) разработка Digital-дизайна в Maya, Zbrush, Substance Painter и Adobe Photoshop.

В игре смоделированы опасные ситуации, наиболее часто возникающие в бытовых условиях, а также способы их решения с подробным описанием каждого этапа. По окончании игрового процесса дублируется информация о газо- и электрооборудовании и способах безопасной эксплуатации, что позволяет закрепить усвоенный в игровой форме материал.

Мобильная игра позволяет решать следующие задачи:

1) формирование у людей понимания важности соблюдения правил энерго-сбережения, газо- и электробезопасности и др.;

2) повышение эффективности подачи учебной информации по основам газо- и электробезопасности за счет создания игровых моделей реальных ситуаций.

Методика интерактивного обучения основам электро- и газобезопасности, отличающаяся игровой формой подачи информации, позволяет повысить эффективность усвоения учебного материала с учетом возрастных особенностей, сделать более интересным процесс подачи информации.

УДК 004.422.8

ПРОГРАММИРОВАНИЕ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ  
«КАЛЬКУЛЯТОР ДОХОДОВ И РАСХОДОВ»

С. О. УКОЛОВ

Научный руководитель Э. И. ЯСЮКОВИЧ, канд. техн. наук, доц.  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Рассматриваются современные технологии создания клиентского пользовательского интерфейса Front-End веб-приложения «Калькулятор доходов и расходов», выполняющего фиксирование и контроль финансовых расходов, изменение их структуры, поиск источников дополнительных доходов, планирование бюджета.

Качество разработанного веб-приложения определяется такими критериями, как удобство установки, бесплатное использование, гибкость учета, возможность создания понятных отчетов по доходам и расходам, учет и контроль долгов.

При разработке клиентской части веб-приложения использовался JavaScript фреймворк Angular, который использует язык программирования TypeScript, расширяющий возможности JavaScript посредством введения строгой типизации. Фреймворк Angular использует модульно-компонентный подход в разработке.

Для разработки серверной части приложения использовался сервис Google Firebase, который предоставляет доступ к нереляционной документо-ориентированной базе данных, возможность аутентификации и авторизации пользователей, а также хостинг приложения на облачном сервере Google. Для взаимодействия с сервером использовалась встроенная в Angular библиотека реактивного программирования RxJS, позволяющая работать с асинхронными событиями и операциями.

Используемые в задаче данные хранятся в формате неупорядоченного множества пар «ключ – значение» JSON, которые загружаются из соответствующих полей облачной базы данных Firebase и предоставляют удобные методы для их чтения, обновления и извлечения.

Взаимодействие между компонентами и обращение к базе данных написаны в Angular-сервисах, основанных на принципе внедрения зависимостей и использующихся для обмена данными между компонентами.

Интерфейс разработанного приложения содержит три страницы: *Main* – главная, *Categories* – категории и *Operations* – операции.

В верхней части окна интерфейса приложения располагается общее количество наличных денежных средств и денег на банковской карточке, а также элементы навигации по месяцам, а в его нижней части – элементы навигации по страницам.

УДК 621.83.06

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УПРУГИХ ДЕФОРМАЦИЙ  
НА ТОЧНОСТЬ ОБРАБОТКИ ВАЛОВ МЕХАНИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧ  
МЕТОДАМИ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В. В. ДОБРЫШИН, Р. Г. ЯКУБОВСКИЙ, К. В. САСКОВЕЦ  
Научный руководитель А. В. КАПИТОНОВ, канд. техн. наук, доц.  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Точность изготовления валов механической передачи значительно влияет на эксплуатационные характеристики всего механизма. Биения ведомых валов планетарных радиально-плунжерных и роликовых механизмов из-за неточности изготовления торцовых и цилиндрических поверхностей шеек приводят к увеличению кинематической погрешности всего привода и повышенному износу подшипников. Поэтому важной задачей является проектирование и изготовление валов для этих передач с высокой точностью размеров, формы и расположения поверхностей. При этом важно при изготовлении обеспечивать высокую производительность. Наиболее эффективным способом изготовления валов исследуемых планетарных механизмов является их обработка на токарных станках с ЧПУ с использованием поводковых центров для базирования и закрепления заготовок. Обработка в поводковых центрах обеспечивает сокращение вспомогательного времени на переустановку заготовки и повышает точность расположения крайних шеек вала после изготовления. Однако данный способ уменьшает жесткость технологической системы, т. к. увеличивается осевое расстояние между точками приложения сил закрепления.

Задача исследования состоит в определении упругих деформаций валов планетарных передач при обработке на станке и оценке влияния деформаций на точность изготовления ответственных поверхностей вала. Разработана методика расчета сил закрепления валов в поводковых центрах, обеспечивающая заданные режимы резания. Проведен расчет напряжений и упругих деформаций валов в соответствии с известными методами сопротивления материалов. Рассчитаны упругие перемещения. Проведено твердотельное моделирование валов различной конструкции планетарных радиально-плунжерных передач, в результате которого выполнен статический анализ в программе SolidWorks исследуемых объектов и определены напряжения, перемещения и деформации. В результате исследований получены оптимальные режимы резания и силы закрепления валов на станках для обеспечения высокой точности обработки, соответствующей седьмому и шестому квалитетам точности размеров.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Капитонов А. В. Методы оценки точности малогабаритных планетарных передач с промежуточными телами качения / А. В. Капитонов, В. М. Пашкевич // Актуальные вопросы машиноведения: сб. науч. тр. – Минск, 2020. – Вып. 9. – С. 51–54.

А. Н. ЕЛИСЕЕВА

Научный руководитель В. М. ШЕМЕНКОВ, канд. техн. наук, доц.

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

В рамках проведенных исследований установлено, что применение тлеющего разряда с самостоятельно генерируемой частотой тока широко используется в различных технологиях модифицирующей обработки различных металлических материалов. К таким технологиям относятся ионное азотирование, цементация, поверхностное упрочнение и другие импульсные электрофизические методы обработки [1]. Однако возникающие частотные колебания тока в газовых разрядах, вызванные, как правило, переходом тлеющего разряда в таунсовский, генерируются в узких пределах (от 80 до 120 кГц) и являются неуправляемыми [2].

На основании проведенных исследований, выполненных в рамках в реализации задания 3.3.2 «Разработка технологических основ формирования эксплуатационных свойств и параметров качества поверхностных слоев штамповой оснастки, основанной на комплексной обработке импульсным тлеющим разрядом» Государственной программы научных исследований «Материаловедение, новые материалы и технологии», изменение частоты в данных пределах не оказывает существенного влияния на глубину модифицируемого поверхностного слоя. На основании этого была поставлена задача спроектировать устройство, позволяющее устанавливать конкретную частоту течения тока с минимальной погрешностью. В результате чего, проанализировав существующие способы, позволяющие осуществить регулировку частоты течения тока мы остановились на классической схеме, используемой в современном сварочном производстве и позволяющей регулировать частоту тока, протекающего через газовый (дуговой) разряд, который позволяет осуществить эффективную регулировку с использованием диодов-мосфет от 50 до 100 кГц с возможностью ее удержания на определенной частоте.

Предварительные результаты исследований показали перспективность данного метода регулирования частоты. Собрана установка, на которой в данный момент проводятся исследования.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Елисеева, А. Н.** Влияние комплексной обработки, основанной на химико-термической обработке и тлеющем разряде на структуру и свойства поверхностных слоев сталей / А. Н. Елисеева, М. А. Рабыко, В. М. Шеменков // МНТК молодых ученых БГТУ им. В. Г. Шухова – Белгород. – С. 2394–2400.

2. **Елисеева, А. Н.** Влияние частоты тока на глубину его течения в металлических изделиях при импульсном ионно-плазменном воздействии / А. Н. Елисеева, В. М. Шеменков // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Могилев, 2021. – С. 49–50.

Н. П. СКРЫЛЕВ, К. А. ЖЕЛЯБИДКО

Научный руководитель А. И. ЯКИМОВ, д-р техн. наук, доц.

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Системы управления запасами предприятия ориентированы в первую очередь на манипулирование большими базами структурированных данных и интегрируются в современные корпоративные ERP-системы на основе определенных базовых принципов [1].

Информационно-аналитические системы, в частности, должны быть ориентированы на выборку сложной по структуре информации из разнотипных источников данных, ее актуальную по срокам и задачам обработку и предоставление в виде удобном для принятия решений и последующего контроля

их исполнения. Например, разработанная программная система PROMET хранит информацию о сырье на складе и этапах производства изделий из этого сырья, представляет её в понятном виде и даёт инструменты контроля для производственного процесса (рис. 1).

Структурно методика построения систем, подобных PROMET, состоит из последовательности этапов: разработка концепции системы; проектирование инфраструктуры; проектирование информационной базы; подключение

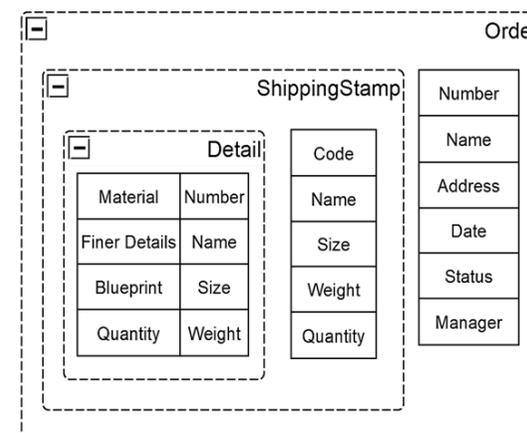


Рис. 1. Пример структуры данных в PROMET

программного обеспечения; разработка специализированных инструментов; внедрение системы.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Якимов, А. И.** Информационные технологии для автоматизации единичного производства / А. И. Якимов, Н. П. Скрылев // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 23–24 апр. 2020 г. – Могилев, 2020. – С. 351–352.

УДК 004.891

## ЗАДАЧА ЛОКАЛИЗАЦИИ МЕЖПОЗВОНКОВЫХ ДИСКОВ В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННОСТИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

Т. С. СЕМЕНЧЕНЯ, К. С. КУРОЧКА

Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого  
Гомель, Беларусь

В настоящее время патологии позвоночника встречаются практически у каждого человека. Одной из важнейших задач для обнаружения патологий позвоночника человека является анализ КТ-изображений, а точнее – локализация межпозвонковых дисков на КТ-изображении.

Для решения данной задачи была выбрана свёрточная нейронная сеть класса YOLO [1]. Эти сети обеспечивают большие точность и скорость детектирования объектов на изображениях, чем сети других классов.

Для обучения нейронной сети был создан набор КТ-изображений (50 шт.), на котором были отмечены межпозвонковые диски. Для лучшего обучения нейронной сети некоторые изображения, подающиеся на вход, подвергались случайным трансформациям. Далее происходило обучение сети (1000 эпох). После обучения нейронной сети была протестирована ее работа на различных изображениях, которые не участвовали в этапе обучения (рис. 1).



Рис. 1. Локализация межпозвонкового диска нейронной сетью

Видно, что межпозвонковые диски, присутствующие на КТ-изображениях, обнаружены достаточно быстро и хорошо. По результатам тестирования можно сделать вывод о том, что современные нейронные сети готовы к использованию в условиях ограниченности вычислительных ресурсов.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Redmon, J. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection / J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick // Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. – 2016. – P. 779–788.

УДК 621.865.8

## ОПТИМИЗАЦИЯ КОМПОНОВКИ РОБОТИЗИРОВАННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА В ПРОЦЕССЕ ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКИ

И. Э. ИЛЮШИН, А. В. ГОСПОД

Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий  
Могилев, Беларусь

Предлагаемая работа посвящена задачам оптимизации компоновки промышленного робота-манипулятора (РМ) и роботизированного технологического комплекса в процессе лазерной резки. Решение поставленной задачи предложено осуществлять в два этапа.

Первый этап заключается в дискретизации области допустимых значений координат базы РМ, после чего для каждого полученного значения осуществляется поиск траектории с минимальным объемом движений робота-манипулятора

$$\sum_{m=1}^{g-1} (q_{m+1} - q_m) \rightarrow \min,$$

где  $q$  – конфигурация манипулятора, определяемая как вектор, для которого  $q_i$  – значения углов в сочленениях РМ, рад,  $q = [q_i]^T$ ;  $i = 1 \dots n$ ,  $n$  – число степеней свободы робота-манипулятора;  $q_1$  и  $q_g$  – стартовая и целевая конфигурации робота.

Кроме того, при поиске траектории учитываются технологические ограничения, накладываемые на ориентацию рабочего инструмента (резака) в процессе обхода контура резки: лазер необходимо ориентировать строго перпендикулярно и осуществлять вращение на угол  $\gamma \in (-\pi, \pi]$  относительно нормали к обрабатываемой поверхности. Второй этап решения задачи заключается в выборе оптимального положения базы робота-манипулятора, при котором перемещение рабочего инструмента характеризуется минимальным объемом движений робота (рис. 1).

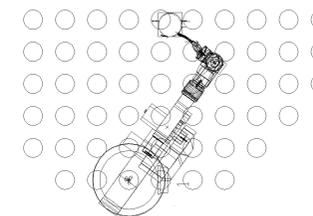


Рис. 1. Выбор положения базы робота-манипулятора

Тестирование метода компоновки осуществлялось в среде моделирования Matlab на примере плоского трехзвенного РМ. Результаты экспериментов подтвердили эффективность предложенного подхода для определения оптимального положения базы манипулятора.

УДК 621.91.02

К ВОПРОСУ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
УПРУГОГО СМЕЩЕНИЯ РАСТОЧНОГО ИНСТРУМЕНТА  
ПОД ВЛИЯНИЕМ СКОРОСТИ РЕЗАНИЯ

О. Н. КЛЯУС

Научный руководитель А. А. ЖОЛОБОВ, канд. техн. наук, проф.  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Как известно, расточной инструмент при формировании отверстий имеет некоторое упругое смещение от своего начального настроечного положения, зависящее от сил резания и режимов резания, которое определяет погрешность, влияющую на точность формируемого отверстия. В этой связи возникает необходимость в исследованиях зависимости упругого смещения оси режущего инструмента от скорости резания.

Целью настоящих теоретических исследований является изучение зависимости упругого смещения расточного резца от скорости резания с последующим описанием его регрессионным уравнением.

Исходные данные получены при помощи средств инженерного анализа Solidworks Simulation. В данной системе была построена модель процесса и осуществлено моделирование всех сил, действующих на инструмент. Таким образом при диаметре обрабатываемого отверстия  $d = 35$  мм, его длине  $L = 80$  мм, вылете инструмента  $l = 100$  мм, при подаче  $s = 0,1$  мм/об, глубине резания  $t = 1,5$  мм, получены следующие результаты: при скорости резания  $V = 100$  м/мин,  $\Delta y = 0,05019$  мм; при  $V = 130$  м/мин  $\Delta y = 0,04848$  мм; при  $V = 160$  м/мин  $\Delta y = 0,04717$  мм; при  $V = 180$  м/мин  $\Delta y = 0,04653$  мм, где  $\Delta y$  – упругая деформация конической части резца, соединенной с одной стороны с призматической частью, а с другой стороны с режущей частью, с закрепленной на ней режущей пластиной.

На этапе моделирования зависимости упругого смещения от скорости резания выбиралась парная экспоненциальная регрессия. В результате получено следующее уравнение

$$\Delta y = e^{-2,899} \cdot e^{-0,001v} = 0,055 \cdot e^{-0,001v}. \quad (1)$$

Полученные результаты исследований в дальнейшем предполагают возможность разработки рекомендаций по назначению оптимальных скоростей резания с целью прогнозирования ожидаемой погрешности формируемого отверстия, учитывающую упругое смещение.

УДК 004.4:358.236

ВИРТУАЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ДЛЯ УДАЛЕННОГО ИЗУЧЕНИЯ  
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

А. А. ПЛОТНИКОВ, В. Т. САДОВСКИЙ

Научный руководитель А. И. ЯКИМОВ, д-р техн. наук, доц.  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Объектом исследования является дисциплина кафедры «Автоматизированные системы управления» – «Аппаратно-программное обеспечение ЭВМ и сетей» (АПОЭИС), а именно – стенды, используемые при выполнении лабораторных и практических занятий. Данная дисциплина предназначена для подготовки специалистов в области локальных и глобальных телекоммуникационных систем, построенных с использованием оборудования Cisco Systems.

При выполнении лабораторных работ используется физическое оборудование: студенты настраивают лабораторные стенды, после чего преподаватель проверяет корректность работы оборудования. Следует также отметить, что в ходе выполнения лабораторной работы при некорректной настройке или внешних факторах (например, перепады напряжения) стендовое оборудование может выйти из строя.

Разработанная информационная система (ИС) состоит из нескольких программных модулей: модуль для работы с пользователями; модуль для работы с командами; модуль для работы с оборудованием. Для программной реализации модулей использовались языки программирования Python и JavaScript, а также СУБД PostgreSQL.

Библиотеки, используемые вместе с языком программирования Python: веб-фреймворк Django с надстройкой Django Rest Framework; библиотеки, предоставляющие широкий набор возможностей для разработки серверной части веб-приложения: Psycopg2 – предоставляет возможность работы с СУБД PostgreSQL; Xlrd – позволяет формировать отчет в виде Excel-файла.

JavaScript – библиотеки, используемые для написания клиентской части: Vue.js – предоставляет возможность разработки и управления веб-страницами; Redux – менеджер состояний приложения; GNS3 – позволяет взаимодействовать с оборудованием Cisco.

Веб-приложение разработано согласно принципам REST и состоит из трех частей: клиентская часть, серверная часть и база данных. Для реализации клиентской части был выбран язык программирования JavaScript с использованием таблицы каскадных стилей CSS и языка разметки гипертекста HTML. В ИС JavaScript используется для реализации интерактивности приложения, а также для обмена запросами с серверной частью.

УДК 629.7

ПОВЫШЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ ПРАВИЛЬНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ  
ОБЪЕКТОВ ВОЗДУШНОЙ РАЗВЕДКИ НА ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ

А. М. КОВАЛЕНКО

Научный руководитель А. А. ШЕЙНИКОВ, канд. техн. наук, доц.  
Военная академия Республики Беларусь  
Минск, Беларусь

С учетом широкого внедрения в государственной авиации бортовых оптико-электронных систем встает вопрос об увеличении эффективности алгоритмов обработки материалов воздушной разведки. Процесс дешифрирования цифровых изображений участков местности (ЦИ) состоит из трех последовательных этапов: обнаружение, распознавание и идентификация объектов воздушной разведки (ОВР). Для обнаружения ОВР применяются методы сегментации (пороговые, цветовые и текстурные, методы наращивания областей и выделения границ). Определение принадлежности объектов к определенному классу осуществляется путем анализа их топологических, семантических и геометрических свойств. В зависимости от выбранного подхода для решения задач распознавания используются корреляционные, топологические, признаковые, структурные, байесовские, спектральные и нейросетевые методы. Установление тождественности распознанного объекта известному осуществляется на основании совпадения определенных признаков, таких как параметры относительного положения объектов в группе, соотношение геометрических характеристик выбранных объектов. Ключевое значение при распознавании и идентификации ОВР играет точность оценки реальных расстояний и размеров, обеспечению которой препятствуют погрешности бортовых пилотажно-навигационных датчиков. Задача идентификации упрощается при условии гарантированного полного попадания очередного ОВР в кадр [1], однако это не снимает проблему полностью. Для преодоления рассматриваемых трудностей предлагается пропорциональный метод идентификации, заключающийся в автоматическом установлении факта существования коэффициента пропорциональности  $K_s$  (путем перебора), обеспечивающего одновременное, полное (в пределах заданной погрешности  $\varepsilon_{zad}$ ) совпадение всех оцениваемых ( $r_i^{tek}$ ) и известных ( $r_i^{zad}$ ) (имеющихся в базе данных геоинформационной системы) расстояний и размеров из заданного перечня. При этом  $K_s$  предлагается рассчитывать в соответствии с выражением  $K_s = (r_i^{zad} / r_i^{tek})$  (при условии, что  $|r_i^{zad} - r_i^{tek}| \leq \varepsilon_{zad}$  для всех значений  $i$ ).

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коваленко, А. М. Коррекция ошибок бесплатформенной инерциальной навигационной системы БЛА с использованием наземных навигационных ориентиров / А. М. Коваленко, А. А. Шейников // Наука и военная безопасность. – 2020. – № 2 (64). – С. 110–118.

УДК 621.9

ОПТИМИЗАЦИЯ ВЕЛИЧИНЫ ЗАЩИТНОГО ЭЛЕМЕНТА ОБОЙМЫ  
СОВМЕЩЕННОГО МАГНИТНО-ДИНАМИЧЕСКОГО РАСКАТНИКА

А. С. КРУЧИНИНА

Научный руководитель Д. М. СВИРЕПА, канд. техн. наук, доц.  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Инструмент для обработки внутренних цилиндрических поверхностей (совмещенный магнитно-динамический раскатник) должен обеспечить безребойную работу без отрыва от производства, обладать высоким сроком службы (износостойкостью, долговечностью), а также все элементы конструкции инструмента должны обеспечить надежность в процессе эксплуатации в целях индивидуальной защиты рабочего персонала.

Важной конструктивной особенностью магнитного модуля совмещенного инструмента является защитный элемент обоймы, препятствующий вылету деформирующих шаров из кольцевой камеры, в момент, когда инструмент не находится в полости обрабатываемой детали (до момента начала обработки, или в момент вывода инструмента из обрабатываемой детали) [1, 2].

Для определения оптимальных параметров была составлена расчетная схема, позволяющая подобрать угол и габаритные размеры защитного элемента. При расчете использовались следующие параметры: диаметр деформирующего шара – 9,6 мм; радиальный зазор между деталью и диском – 1 мм. В соответствии с проведенными расчетами найден оптимальный угол защитного элемента обоймы ( $\alpha = 150^\circ$ ). Максимально возможная площадь треугольника защитного элемента составила 2,5 мм<sup>2</sup>, оптимальная высота – 1,7 мм.

Защитный элемент обоймы, имеющий максимальную площадь поперечного сечения, обеспечивает гарантированную защиту, надежен в эксплуатации, при этом обеспечивается технологичность изготовления элемента стандартным резцом для контурного точения.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Свирепа, Д. М. Конструкции инструментов для совмещенной обработки резанием и поверхностным пластическим деформированием магнитно-динамическими раскатниками / Д. М. Свирепа, А. С. Семёнова, С. А. Сухоцкий // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2019. – № 1. – С. 38–47.

2. Свирепа, Д. М. Особенности конструирования комбинированного магнитно-динамического раскатника / Д. М. Свирепа, А. С. Семёнова // Образование, наука и производство в XXI веке: современные тенденции развития: материалы юбилейной Междунар. конф. – Могилев, 2016. – С. 132.

УДК 621.02

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕТАЛИ «КРЫШКА»

В. А. КУЗНЕЦОВ, Е. А. БАРАНОВА

Научный руководитель Е. А. ПОЛЬСКИЙ, канд. техн. наук, доц.  
Брянский государственный технический университет  
Брянск, Россия

Основной задачей, решаемой на этапе подготовки производства является обеспечение конструкторских требований, указанных на чертеже детали. В нашем случае одним из основных параметров является формирование стабилизированной структуры материала со снятием внутренних напряжений. Для технологического решения поставленной задачи применяется несколько методов, основным из них принято считать введение термической обработки в виде искусственного старения.

На этапе проектирования маршрутной технологии обработки детали «Крышка» принято решение ввести термическую операцию перед механической обработкой в связи с тем, что изменен способ получения заготовки с отливки в ПГФ на отливку в постоянные металлические формы под естественным давлением (кокиль).

Для детали класса крышки, имеющей достаточно большой наружный диаметр фланца и небольшую длину ступицы целесообразно в качестве оборудования применить вертикальный токарный станок с ЧПУ. Такая компоновка оборудования упрощает процесс установки и снятия заготовки в приспособлении.

Для максимальной концентрации переходов на одной операции и реализации комплексной обработки заготовки выбираем модель токарного вертикального станка с двумя шпинделями и двумя револьверными головками на 12 инструментальных позиций. Это позволит реализовать два установка на одном станке и провести комплексную обработку наружных и внутренних цилиндрических поверхностей с обеспечением требуемых параметров точности и качества.

Для решения технологической задачи формирования требуемых эксплуатационных свойств функциональных поверхностей детали «Крышка» проведен анализ стратегии обработки элементарной поверхности с выбором последовательности выполняемых технологических переходов, подбора инструментов и назначения режимов резания. Так для параметров поверхности диаметром 435 мм с достижением точности по 7-му качеству необходимо выполнить четыре технологических перехода: черновое точение с достижением 14-го качества точности (т. к. в технических требованиях указано «Неуказанные предельные отклонения размеров Н14, h14, ±IT14/2»), получистовое точение с формированием среднеэкономической достижимой точности и два чистовых перехода с получением параметров точности и качества, указанных на чертеже.

УДК 621.9

## СИСТЕМА НЕЙРОННОЙ ПОДДЕРЖКИ КЛИЕНТОВ В ПРОДУКЦИИ MICROSOFT OFFICE

Н. С. КОВАЛЕВ

Научный руководитель А. А. ТЮТЮННИК, канд. экон. наук, доц.  
Филиал «Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
в г. Смоленске  
Смоленск, Россия

Развитие современных средств текстовых процессоров затрагивает большое количество продуктов, одним из которых является пакет Microsoft Office. На данный момент основной функционал приложения Microsoft Word включает большое количество автоматизированных функций обработки входных данных, однако остается актуальной проблема автоматизации работы клиента с большим количеством документов.

На основе вышесказанного была разработана система предиктивного анализа пользовательских документов с последующей автоматизацией работы отдельных задач. В качестве основных функциональных возможностей реализованной системы рассматриваются следующие:

- возможность идентификации типа используемого документа, например, публицистическая статья, научная книга или документы бухгалтерской отчетности;
- возможность корректировки стилистики текста на основе анализа входного документа;
- возможность корректировки оформления документа в соответствии с существующими пользовательскими шаблонами.

В основе реализованной системы используется нейросетевая обработка на базе нейронных сетей глубокого обучения. Для классификации текста используется многослойный персептрон (MLP) с количеством эпох обучения 10. Основным слоем является полносвязный Dense-слой; в качестве первой функции активации используется ReLU, задаваемая формулой (1), и имеющая преимущества в виде ресурсоемкости, отсутствия динамики градиента, а также быстрого обучения. В качестве оптимизатора используется алгоритм адаптивной оценки момента (Adam).

$$f(x) = \max(0, x), \quad (1)$$

где  $f$  – функция активации;  $\max$  – функция поиска максимального значения;  $x$  – входной вектор.

Программная реализация продукта выполнена на использовании библиотек Python – Keras, FuzzyWuzzy как нейросетевой библиотеки и системы принятия решений на основе нечеткой логики. Помимо прочего, программа осуществляет работу с входными значениями на базе Numpy.

## СИСТЕМА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ УЯЗВИМОСТЕЙ RUBBER DUCKY

Н. С. КОВАЛЕВ

Научный руководитель А. А. ТЮТЮННИК, канд. экон. наук, доц.  
Филиал «Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
в г. Смоленске  
Смоленск, Россия

Современные условия развития аппаратных и программных ресурсов в сфере информационных технологий преимущественно затрагивают сегмент обеспечения информационной безопасности. Стремительное развитие эксплуатируемых уязвимостей подвергает опасности частных и корпоративных лиц. Одной из возможных вариаций уязвимостей является программно-аппаратная уязвимость Rubber Ducky, которая осуществляет аппаратную эмуляцию периферийных устройств с целью выполнения несанкционированных атак на устройстве. Данная уязвимость выявляет достаточно глобальную проблему в виде недостаточного развития инструментария информационной безопасности при защите аппаратных USB-портов.

На основе вышесказанного была разработана мультиплатформенная система, которая позволяет за счёт своей модульности обеспечить безопасность целевой машины. Основными реализованными модулями выступают следующие: модуль идентификации базовых параметров драйвера; модуль идентификации пользовательских паттернов, основанный на использовании алгоритмов предиктивного определения человеческих факторов. Также в основную систему были включены дополнительные модули идентификации личности и принятия решений, проиллюстрированные на рис. 1.

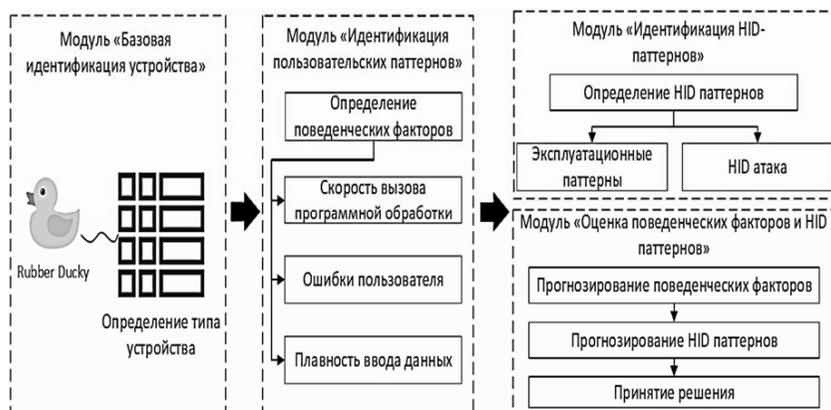


Рис. 1. Реализованная система идентификации паттернов Rubber Ducky

## РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОЧИСТКИ ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УЛЬТРАЗВУКА

С. В. МАРТЫНЕНКО

Научный руководитель А. Е. НЕМИРОВСКИЙ, д-р техн. наук, проф.  
Вологодский государственный университет  
Вологда, Россия

Эффективность и бесперебойность работы технологических предприятий во многом зависят от качественной работы электрических двигателей. Однако они, как и все элементы системы производства, изнашиваются и требуют восстановления, а также очистку от производственных загрязнений. На практике подтверждено, что производственные загрязнения изоляции и узлов электрических двигателей устраняют устаревшими традиционными методами. Очистка проводится химически активными, горючими материалами, а также с использованием инструментов, которые зачастую повреждают детали и узлы электрических машин, что вызывает определенные проблемы и низкое качество проведенной работы.

Для устранения недостатков, свойственных традиционному методу, и модернизации цикла очистки рассматривается применение современного способа удаления загрязнений изоляции и узлов электрического двигателя с использованием ультразвуковых технологий.

Принцип работы данного способа заключается в том, что отдельные узлы электрического двигателя помещаются в специализированный резервуар, наполненный жидкостью моющего средства специального назначения. В основе предложенного метода лежит эффект кавитации. Это акустическое течение, звуковое давление, возникающее благодаря превращению преобразователем, входящим в состав установки, электрического тока в механические колебания. При этом происходит кавитационное разрушение технологических загрязнений, покрывающих систему изоляции, уменьшаются поверхностные токи утечки, тангенс угла диэлектрических потерь и повышается электрическая прочность изоляции.

Для успешного применения на практике данного способа необходимо путём экспериментальных исследований разработать оптимальные характеристики и параметры ультразвуковых явлений, способных решить задачу качественной и безопасной очистки изоляции и отдельных узлов электрического двигателя. Для этого целесообразно получить математическую модель процесса очистки изоляции путем использования теории статистически спланированного эксперимента.

УДК 531.3

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ АКТИВНЫХ ЭКЗОСКЕЛЕТОВ

К. С. МАСЛОВА

Научный руководитель А. В. БОРИСОВ, д-р физ.-мат. наук, доц.  
 Филиал «Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
 в г. Смоленске  
 Смоленск, Россия

В настоящее время происходит активное развитие технологий активных экзоскелетов – устройств, работающих от источника питания. Они предназначены для увеличения силы человека за счёт внешнего каркаса, повторяющего биомеханику при движениях, с целью усиления мышц, увеличения амплитуды движения и других двигательных функций [1]. Экзоскелеты применяются в медицине, для восстановления и поддержания опорно-двигательных функций человека, в различных отраслях промышленности, для реализации основных технологических процессов, связанных с перемещением грузов, в строительной промышленности для обеспечения проведения строительных работ. Высокотехнологичные инструменты позволяют человеку справляться с жизненными задачами, касающимися опорно-двигательного аппарата [2].

Для обеспечения успешного функционирования экзоскелетов необходим внешний источник питания, отвечающий ряду требований. Так, основными характеристиками, исходя из которых происходит оценка аккумуляторной батареи экзоскелетов, являются: габаритные размеры, наименьший возможный вес батареи, возможность бесперебойной работы. Перспективное направление в разработке внешних источников питания экзоскелетов – обеспечение возможности подзарядки аккумуляторной батареи за короткий срок или быстрой замены.

Совершенствование аккумуляторной батареи, отвечающей всем требованиям, предъявляемым к источникам питания экзоскелетов, является актуальной конструктивной задачей.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Смоленской области в рамках научного проекта № 19-48-670002 р\_а.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пассивно-активный экзоскелет со звеньями переменной длины и пружинными элементами двух типов / А. В. Борисов [и др.] // Справ. Инженерный журн. с приложением. – 2020. – № 9. – С. 54–64.
2. **Борисов, А. В.** Модель звена экзоскелета переменной длины с двумя весомыми абсолютно твердыми участками / А. В. Борисов, К. С. Маслова // Междунар. журн. теории и научной практики. – 2019. – Т. 2, вып. 2. – С. 104–109.

УДК 004.4:001.89

## ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА УЧЕТА НАУЧНОЙ РАБОТЫ СОТРУДНИКОВ КАФЕДРЫ

М. А. КОВАЛЕВ, И. Г. ПЛИСКО, Л. А. ТИМАШКОВА  
 Научный руководитель А. И. ЯКИМОВ, д-р техн. наук, доц.  
 Белорусско-Российский университет  
 Могилев, Беларусь

Повышение качества образовательных услуг и ориентация на потребителя вызваны возросшей конкуренцией между вузами как на рынке труда, так и на рынке образовательных услуг. Участие в международных рейтингах – одно из направлений развития Белорусско-Российского университета (БРУ), которое позволяет включить вуз в международную образовательную среду, согласовать образовательные и научно-исследовательские процессы с международными правилами и стандартами в сфере образования.

Кафедра является основным учебно-научным структурным подразделением факультета (университета), осуществляющим учебную, методическую и научно-исследовательскую работу по одному или нескольким родственным направлениям или специальностям, воспитательную работу среди студентов, а также подготовку научно-педагогических кадров и повышение их квалификации.

Назначение разработанной информационной системы – сбор данных с сайта Elibrary и последующее хранение информации о публикациях преподавателей кафедры АСУ.

При разработке программы была использована программная платформа Node – кроссплатформенная среда выполнения для JavaScript, которая работает на серверах. Данная среда исполнения даёт возможность для использования вне контекста браузера, т. е. выполняется непосредственно на компьютере. Таким образом, среда исключает API-интерфейсы JavaScript для браузера и добавляет поддержку более традиционных API-интерфейсов, включая библиотеки HTTP и файловых систем.

Созданная информационная система для учета научных работ сотрудников кафедры АСУ Белорусско-Российского университета позволяет автоматизировать процесс сбора информации о наукометрических показателях преподавателей, которая хранится в разработанной базе данных, а также дает возможность демонстрации публикаций за определенный временной промежуток.

Сотрудники кафедры и её руководитель могут использовать ИС для анализа публикационной деятельности сотрудников, что поможет увеличить научные показатели кафедры и университета в целом, вследствие чего смогут вырасти показатели университета в международных рейтингах.

УДК 004.4:378.4

### ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РЕЙТИНГА УНИВЕРСИТЕТА

П. С. ГАНЖИН, И. Г. ПЛИСКО, Л. А. ТИМАШКОВА  
Научный руководитель А. И. ЯКИМОВ, д-р техн. наук, доц.  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Открытость образовательных учреждений является одним из критериев высокой позиции в международном рейтинге Webometrics Ranking of World Universities или Ranking Web of Universities (далее – Webometrics). Публикация рейтингов университетов – один из мощных и эффективных инструментов развития динамики процессов в научных кругах, создания необходимых долгосрочных стратегий повышения научного потенциала вуза.

Результаты управления вузом для развития его научной деятельности, информированности в интернете для привлечения молодежи к поступлению на востребованные специальности с появлением рейтинга Webometrics получают интегральную количественную оценку. Формализация влияния результатов научной и образовательной деятельности на позицию университета в рейтинге, безусловно, весьма актуальная задача.

Основная цель создания информационной системы (ИС) – сбор информации о научно-исследовательской работе вузов и их текущих мест в рейтинге для будущего прогнозирования места в международном рейтинге Белорусско-Российского университета. С помощью спроектированной системы можно исследовать, как научные публикации влияют на место в рейтинге.

При разработке ИС в качестве основного средства разработки был выбран язык программирования R, т. к. он занимает лидирующие позиции среди языков программирования, используемых в статистических расчетах. R предназначен для манипулирования большими объемами данных и статистических исследований, также на выбор в пользу данного языка программирования повлияло наличие достаточно большого количества пакетов, например Plotly и ggplot2, позволяющих осуществлять визуализацию данных. Для создания графического интерфейса использовался пакет Shiny, который позволяет создавать интерактивные веб-приложения на языке R. Приложения на Shiny состоят из двух компонентов: скрипт с интерфейсом пользователя для создания элементов управления и внешнего вида приложения и скрипт для сервера, описывающий работу с входными и выходными параметрами. Кроме того, были использованы алгоритмы для статистического анализа и построения регрессионных моделей.

УДК 621.02

### ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕТАЛИ «КРЫШКА КОРПУСА»

К. А. МАТРОСОВА, Е. С. ШУЛАКОВА  
Научный руководитель Е. А. ПОЛЬСКИЙ канд. техн. наук, доц.  
Брянский государственный технический университет  
Брянск, Россия

Для решения задачи конструкторско-технологического обеспечения установленных параметров точности и качества функциональных поверхностей детали «Крышка корпуса» необходимо проработать несколько решений в рамках проектирования технологического процесса.

Одним из основных параметров, ограничивающих применение высокопроизводительных способов обработки и увеличения объема снимаемого материала, является жесткость заготовки. В нашем случае отношение длины к диаметру 12,5, что серьезно ограничивает допускаемую по критерию погрешности упругих деформаций технологической системы величину глубины резания и рабочей подачи инструмента.

В качестве технологического управления составляющими суммарной погрешности обработки введем применение на токарной операции дополнительной опоры – люнета.

Одним из перспективных направлений по повышению показателей надежности и стабильности обеспечения параметров качества поверхности, что особенно важно в нашем случае перед накаткой, является замена промежуточного шлифования на точение. Но с учетом достаточно высоких требований по формируемому параметрам шероховатости требуется использование режущей пластины со специальной геометрией режущей части с технологией Wiper (двойной радиус при вершине).

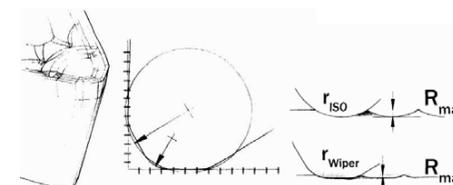


Рис. 1. Конфигурация вершины пластины Wiper

При формировании геометрических параметров качества поверхности одним из основных параметров инструмента является радиус при вершине. Предлагаемая технология обеспечивает возможность так называемой «зачистки» формируемых микронеровностей профиля с достижение малых величин шероховатости при стандартных значениях скорости резания и подачи для этапов чистового точения.

Ю. С. МИХАЙЛОВА

Научный руководитель А. А. ФРОЛОВ, канд. техн. наук, доц.  
Вологодский государственный университет  
Вологда, Россия

Для уменьшения помех от импульсных источников питания и повышения разрешающей способности твердомера по методу Либя в работе предложена технология двойного преобразования напряжения питания. На рис. 1 представлена схема для решения задачи по повышению разрешающей способности у портативного средства измерения механических свойств материалов.

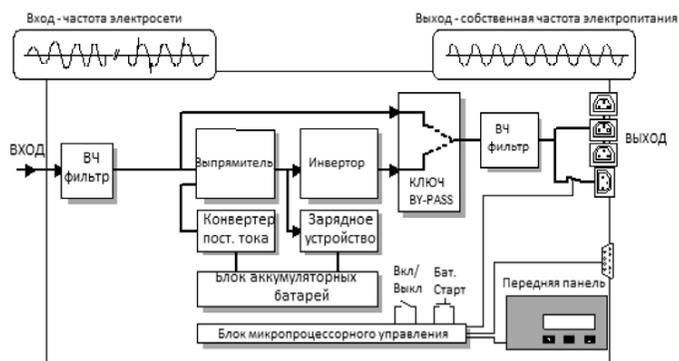


Рис. 1. Схема двойного преобразования

Принцип модернизации состоит в следующем: поступающее на вход переменное сетевое напряжение попадает на выпрямитель, где он конвертирует напряжение в постоянное. Далее, благодаря инвертору, напряжение преобразуется снова в переменное со стабильно высоким показателем качества электроэнергии.

После применения гальванической развязки на основе бесперебойного источника питания был значительно снижен уровень шумовой наводки от электросети.

На следующем этапе повышения разрешающей способности необходимо использовать математическую программу Matlab 2014 Simulink. Для фильтрации полученного сигнала был применен wavelet анализ (Хаар). Преобразование Хаар необходимо для анализа частотной составляющей сигнала на разных уровнях их фильтрации, оставляя только полезный сигнал.

Усовершенствованная модель ударного твердомера позволит получать первичную информацию, которая необходима для измерения механических свойств материалов, таких как модуль упругости и предел текучести.

А. А. ВИТЕЛЮЕВА

Научный руководитель А. А. ТЮТЮННИК, канд. экон. наук, доц.  
Филиал «Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
в г. Смоленске  
Смоленск, Россия

Использование нейронных сетей на данном этапе развития информационных технологий охватывает практически все сферы жизнедеятельности человека. Этот процесс обособлен возможностью автоматизации прикладных задач, причем основным требованием при использовании глубокого обучения является необходимость в наличии достаточно большого количества обучаемых образцов, при этом ограничения при использовании различных параметров приводят к требованию переобучения модели. Одним из существующих решений является модель горячего старта (warm start model), который позволяет на основе функций задания первичного словаря выполнять сравнение текущих входных параметров и параметров сохраненной модели.

В связи с тем, что существующий алгоритм не является применимым к сложным проектам, была выполнена разработка нового алгоритма, позволяющего проводить аналитическое сравнение на основе показателей нечеткой логики и, как следствие, уточнить расхождения входных векторов для получения более стремительного эффекта обучения модели на идентичных образцах (рис. 1).

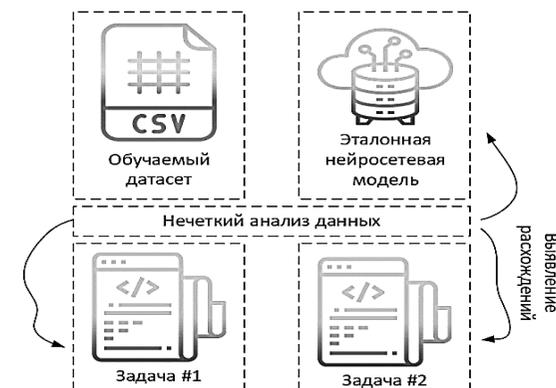


Рис. 1. Модификация алгоритма горячего старта

Как можно увидеть из рис. 1, в алгоритм был интегрирован алгоритм нечеткого анализа данных, который позволил выполнять сравнение датасетов модели с целью выявления и устранения расхождений до исполнения процесса дообучения.

УДК 621.9

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ АУТЕНТИФИКАЦИЯ КЛИЕНТОВ НА БАЗЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ БИБЛИОТЕК ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

А. А. ВИТЕЛЮЕВА

Научный руководитель А. А. ТЮТЮННИК, канд. экон. наук, доц.  
Филиал «Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
в г. Смоленске  
Смоленск, Россия

Вопросы безопасности данных на текущий момент являются приоритетными при построении и реализации корпоративных систем администрирования и управления предприятиями. Большинство организационных единиц задумываются о вопросах обеспечения безопасности за счёт интеграции программных (специфичная последовательность) и аппаратных (USB-токены, биометрические датчики) средств идентификации личности. Приоритетными проблемами в данном случае является недостаточный уровень безопасности или нерентабельности интеграции аппаратных решений.

Для решения рассматриваемой проблемы был разработан алгоритм аутентификации клиентов на основе использования динамической системы замены ключа без синхронизации изменений посредством сети Интернет. Основу рассматриваемого алгоритма составляет модификация метода TOTP аутентификации. Для усовершенствования существующего метода в функциональную реализацию были добавлены статичные и динамичные факторы операционной системы – параметр смещения процессора, наименование производителя, идентификатор процессора. Так, формула (1) демонстрирует процесс односторонней генерации последовательности для подтверждения верификации.

$$AUTH_{KEY}(STATIC\_ID) = \frac{MD5 \left[ STATIC\_ID \begin{pmatrix} SCSI_{PRODUCT} \\ SCSI_{PHYSICAL\_ID} \\ CPU_{IMPLEMENT} \end{pmatrix} \right]}{\left[ \frac{T_1 - T_0}{T} \right]} \cdot TIME_{ID}, \quad (1)$$

где  $AUTH_{KEY}$  – целевая функция генерации динамической последовательности;  $STATIC\_ID$  – совокупность статических показателей системы;  $SCSI_{PRODUCT}$  – наименование вендора процессора;  $SCSI_{PHYSICAL\_ID}$  – уникальный идентификатор процессора;  $CPU_{IMPLEMENT}$  – смещение процессора;  $MD5$  – функция генерации криптографической последовательности;  $T_1$  – текущее значение времени;  $T_0$  – точка начала отсчёта времени по UTC;  $TIME$  – интервал действительности функции  $AUTH_{KEY}$ .

УДК 66-5

## АНАЛИЗ СБОЕВ В РАБОТЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНВЕЙЕРА ФАСОВКИ СУХОГО ПРОДУКТА

С. В. НАУМОВ

Научный руководитель Е. А. ЕФРЕМЕНКОВ, канд. техн. наук  
Томский государственный университет систем управления  
и радиоэлектроники  
Томск, Россия

Развитие современных технических систем и прогресс в автоматизации производственного оборудования диктует необходимость и требование модернизации имеющихся на предприятиях технологических установок и конвейерных линий. Например, конвейерная линия дозированной фасовки сухого вещества, имеющаяся на одном из предприятий г. Томска, часто выходит из строя вследствие несовершенства автоматизированных систем и конструкции отдельных узлов, т. к. эта линия изготавливалась в конце прошлого века. Поэтому анализ сбоев/недостатков в работе существующей линии с целью их последующего устранения с использованием современных подходов к автоматизации и достижений в конструировании автоматизированных конвейерных систем является актуальным.

Конвейерная линия дозированной фасовки сухого вещества работает следующим образом: фасовка пищевой продукции осуществляется автоматически в пластиковые банки разного объема и цвета, после чего каждая банка запаивается фольгой, закручивается крышкой и обклеивается соответствующей продукту этикеткой. Далее на каждую банку маркиратор наносит дату изготовления и товарный знак, затем банки собираются на вращающемся столе для упаковки в коробки перед транспортировкой на склад хранения готовой продукции.

Причинами сбоев в работе линии являются:

- 1) износ движущихся деталей;
- 2) отсутствие централизованного управления оборудованием линии (каждый модуль управляется своей системой);
- 3) нарушение технологии в расположении и связи модулей технологического оборудования линии.

Предлагаемый вариант автоматизации и модернизации данной энергоустановки, с учетом неисправностей, включает в себя несколько этапов:

- 1) оптимизировать технологический процесс работы линии дозированной фасовки сухого вещества;
- 2) разработать принципиальную электрическую схему линии, обеспечивающую синхронизированную работу всех ее модулей.
- 3) разработать методику снижения износа подвижных частей линии дозированной фасовки сухого вещества.

УДК 681.5

ПРЕИМУЩЕСТВА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА  
НА ПРЕДПРИЯТИИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ БЕЗАЛКОГОЛЬНЫХ НАПИТКОВ

В. С. ПАУКОВА

Научный руководитель Н. П. ПУЗЫРЕВСКАЯ

Филиал «Национальный исследовательский университет «МЭИ»

в г. Смоленске

Смоленск, Россия

На сегодняшний день автоматизация технологических процессов практически единственный экономичный способ значительно повысить эффективность производства.

Автоматизацию проводят для того, чтобы повысить скорость и точность исследований и измерений, уменьшить время, которое затрачивается на обработку и оценку результата, а также для исключения недочетов, возникших в результате проведения контроля исследователями.

Улучшение производственных процессов заключается в оснащении линий более эффективными и продуктивными механизмами, обеспечивающими высокую степень автоматизации производства [1].

Высокий уровень автоматизации важен для предприятий по производству напитков не меньше, чем для других производств. За счет автоматизации повышаются показатели качества, а также соблюдается идентичность вкусов и органолептических показателей в каждой партии.

При автоматизации технологических систем в производстве безалкогольной продукции значительное внимание необходимо уделять стабилизации и повышению показателей качества готовых напитков.

Преимущества передовых технологий автоматизированного производства на предприятии по производству безалкогольных напитков: позволяет исключить порчу сырья; контролирует расход сырья; уменьшает взаимодействие человека с оборудованием; сокращает время простоя производства продукции; контролирует качество на каждом этапе производства продукции.

Это лишь некоторые из многих преимуществ, которые показывают, почему компаниям пищевой промышленности так важно иметь надежное, высококачественное, высокоавтоматизированное оборудование.

Подводя итог вышесказанному, еще раз подчеркнем, что техническое автоматизирование производственных линий позволяет промышленным предприятиям производить продукцию более высокого качества, увеличить объем производства, более эффективно использовать сырьевые и энергетические ресурсы.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куликова, М. Г. Моделирование технологического оборудования в пищевой промышленности / М. Г. Куликова, Л. В. Кончина // Естественные и технические науки. – 2017. – № 5 (107). – С. 126–127.

УДК 004.7:378.4

ВЕБ-ПЛАТФОРМА ДЛЯ УДАЛЕННОГО ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИН  
ВЫПУСКАЮЩЕЙ КАФЕДРЫ УНИВЕРСИТЕТА

А. С. БАРЫГИН, А. А. БАРАНОВСКИЙ, В. Т. САДОВСКИЙ

Научный руководитель А. И. ЯКИМОВ, д-р техн. наук, доц.

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Для удаленного обучения студентов выпускающей кафедры «Автоматизированные системы управления» организована образовательная система с использованием платформы Moodle, которая обеспечивает удаленный доступ к учебным материалам и позволяет проводить тестирование студентов. Однако эта платформа не предоставляет возможности интеграции виртуальных лабораторий, что не позволяет студентам получать необходимые им практические знания и навыки.

Создание виртуальных лабораторий позволяет, с одной стороны, проводить эксперименты с оборудованием и материалами, соответствующими реальной лаборатории, с другой – ознакомиться с компьютерной моделью по освоению практических навыков и умений в профессиональной деятельности. Дорогостоящее оборудование требует затрат при техническом обслуживании, приобретения расходных материалов и в последующем – замены при его усовершенствовании. Универсальность виртуальных лабораторий компенсирует такие недостатки.

Разработанная веб-платформа поддерживает следующую функциональность: хранение информации об учебных дисциплинах (различного рода файлы, лабораторные работы, лекции и т. д.); быстрый доступ к материалам учебных дисциплин; создание и прохождение различного рода тестов; формирование отчетов о результатах тестирования; поддержка интеграции различных виртуальных лабораторий, разрабатываемых студентами; администрирование и управление объектами, относящимися к информационной системе (создание, редактирование и удаление различных объектов, таких как тест, лабораторная работа, лекция и т. д.).

Серверная часть приложения может быть развернута на любой операционной системе благодаря используемой технологии Docker, которая создает виртуальные контейнеры на используемой операционной системе, для клиента требуется современный браузер с поддержкой JavaScript.

При разработке серверной части веб-платформы использован язык программирования Python, фреймворк Django Rest Framework. В качестве сервера базы данных использована СУБД PostgreSQL. Для разработки графического интерфейса применен язык программирования JavaScript, фреймворк Vue.js, а также язык разметки Html и каскадные таблицы стилей CSS.

УДК 620.179

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СКАНЕР ДЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ УГЛОВЫХ СВАРНЫХ ШВОВ ПАТРУБКОВ

А. Д. ПОПЕЛЕВ

Научный руководитель С. С. СЕРГЕЕВ, канд. техн. наук, доц.  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Среди всего огромного разнообразия методов неразрушающего контроля, используемых в промышленности, наиболее востребованным сегодня является ультразвуковой контроль, который отличается практически полной безопасностью для оператора и окружающей среды и обеспечивающий требуемые нормативной документацией метрологические характеристики при выявлении и оценке дефектов в виде несплошностей в различных объектах.

Одним из эффективных направлений совершенствования ультразвукового контроля является разработка механизированных и автоматизированных сканирующих средств. Особенно это важно в случае использования технологий контроля с фазированными преобразователями (ПЭП) или TOFD-метода в условиях, неблагоприятных для длительного нахождения оператора в зоне контроля, например, при контроле элементов трубопроводов первого контура атомной станции.

Важной задачей проверки качества технологического трубопровода является контроль угловых соединений патрубков с основным трубопроводом. Из-за различий в геометрических параметрах соединяемых труб формируется сварной шов сложной пространственной конфигурации. Поэтому для его сканирования требуется специальное устройство, которое обеспечило бы перемещение преобразователя по заданной траектории вдоль сварного шва.

Для решения этой задачи был разработан специальный сканер с прикрепленной акустической системой, состоящей из преобразователя с фазированной решеткой и подвеской, обеспечивающей плотное равномерное прижатие ПЭП к объекту с заданной ориентацией относительно сварного шва. Устройство состоит из трех основных элементов: блока управления, рейки крепления и держателя преобразователя. При проведении контроля сканирующее устройство устанавливается на объект контроля при помощи крепежной рейки. Далее подается питание на блок управления и производится настройка параметров контроля для выбранной схемы прозвучивания. Качественный контакт ПЭП и объекта контроля обеспечивается системой автоматической подачи контактной жидкости. Фиксация координаты перемещения ПЭП для формирования разверток обеспечивается встроенным цифровым энкодером.

В докладе рассмотрены конструктивные особенности и функциональные возможности сканера при контроле сварных швов патрубков различных диаметров с разными схемами прозвучивания.

УДК 004.414

## РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПРОФИЛИРОВАНИЯ ЗУБЧАТОГО КОЛЕСА

М. С. ПЕСИКОВ, Д. П. ФЕДОНИНА

Научный руководитель С. В. СОРОКИН, канд. техн. наук, доц.  
Брянский государственный технический университет  
Брянск, Россия

Анализ существующих вариантов получения рабочих поверхностей формы зубьев эвольвентных колес указывает на два основных, принципиально отличающихся, метода: метод копирования и метод обкатывания, который находит наибольшее применение в промышленности.

Один из главных минусов данного метода заключается в том, что возможно подрезание ножки зуба при определенных геометрических условиях реализации метода. В большинстве случаев необходимо строго избегать указанного недостатка, т. к. он приводит к ослаблению ножки зуба колеса, и, как следствие, к сокращению нагрузочной способности механизма зубчатой передачи. При исключении подрезания иногда возникает другое явление – заострение вершины зуба, что также недопустимо по причине увеличения вероятности скалывания зубьев и снижения кинематической точности механизма.

Математический расчет оптимальных параметров эвольвентного зацепления, не допускающих вероятного подрезания и заострения, очень сложен и трудноформализуем, поэтому создание автоматизированной системы, основанной не на применении аналитических расчетов, а на принципах конструирования, является весьма актуальной.

Алгоритм выявления оптимальных параметров эвольвентного зацепления реализуется следующими этапами:

- 1) создается параметрическая модель формообразования эвольвентных зубьев колес методом обката исходной рейкой;
- 2) анимирование модели моделирует профилирование колеса при различных значениях коэффициента смещения;
- 3) строятся графические зависимости от коэффициента смещения  $X$  толщин зуба в двух сечениях – по делительной окружности и высотам зуба;
- 4) определяется интервал оптимальных значений коэффициента смещения.

Спроектированная система может найти применение при контроле точности изготовления зубчатых колес.

УДК 669-1

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ОПТИМИЗАЦИИ СОСТАВА ШИХТЫ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ВТОРИЧНЫХ МЕТАЛЛОВ

Н. В. ПЕТРОВ

Научный руководитель С. Б. САПОЖКОВ, д-р техн. наук, проф.  
Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого  
Великий Новгород, Россия

Переработка цветных вторичных металлов является наиболее важной проблемой в XX в. Запас первичного сырья с каждым днем сокращается, а его потребление не уменьшается, а только растет. Ко вторичному сырью относят: лом сплавов цветных металлов, шлаки металлургических производств и пр. Также на территории РФ возникает необходимость разработки отечественных флюсов из различных промышленных отходов. Это позволит снизить стоимость флюсов в 2–3 раза.

Проведенный анализ показал, что объем высококачественного лома сокращается, что приводит к использованию сырья, имеющего сложный химический состав. Большое количество примесей затрудняет его дальнейшую переработку. Свойства шлаков ухудшаются, что означает определённые операционные затраты. Решение проблемы ухудшения (усложнения) состава вторичного сырья позволит решить программа для оптимизации расчетов закладываемой в тигель шихты.

Цель проекта, определяемая задачей – разработка АСУ ТП для сплавов. Данная тема используется в кандидатской диссертации Н. В. Петрова. Реализуется на базе Новгородского металлургического завода (рис. 1).



Рис. 1. Новгородский металлургический завод

УДК 620.179.11

## ФОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПОТЕНЦИАЛЬНОГО РЕЛЬЕФА АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА ПОСЛЕ ЛОКАЛЬНОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

К. В. ПАНТЕЛЕЕВ, В. А. МИКИТЕВИЧ

Научный руководитель А. Л. ЖАРИН, д-р техн. наук, проф.  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

В работе приведены результаты физического моделирования формирования электропотенциального рельефа (работы выхода электрона (РВЭ)) поверхности алюминиевого сплава АМГ-2 после локального статического деформирования жестким индентором. В качестве средств измерений использован сканирующий зонд Кельвина [1]. Результат исследований указывает на наличие отклика РВЭ поверхности на механическое воздействие, что согласуется с известными положениями и проведенными ранее исследованиями [2]. Относительное значение РВЭ в области нагружения составило минус 290 мэВ (рис. 1).

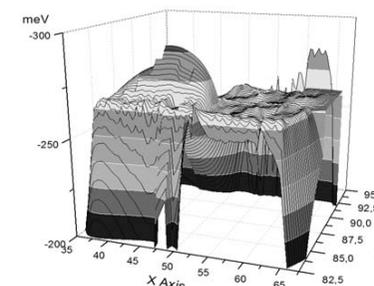


Рис. 1. Визуализация распределения работы выхода электрона поверхности алюминиевого сплава АМГ-2 после локального нагружения

Результаты исследований могут служить базой для разработки новых методов и методик исследования напряженно-деформированного состояния металлов и сплавов, как при статическом, так и при ударном нагружении.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Pantsialeu, K. U.** Charge sensitive techniques in control of the homogeneity of optical metallic surfaces / K. Pantsialeu, A. Zharin, K. Kierczynski // *Przegląd Elektrotechniczny*. – 2016. – R. 92, № 8. – P. 190–193.

2. **Жарин, А. Л.** Исследование локальных деформаций материалов методами зондовой электрометрии при различных видах нагружения / А. Л. Жарин, К. В. Пантелеев, А. И. Свистун // *Современные методы и технологии создания и обработки материалов: сб. науч. тр.: в 3 кн.* – Минск: Физ. техн. ин-т НАН Беларуси, 2015. – Кн. 1. – С. 39–46.

УДК 620.179.14

### РАСЧЕТ МАГНИТОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ ДЕФЕКТА НА ПОВЕРХНОСТИ ФЕРРОМАГНИТНОГО ОБЪЕКТА С ПОКРЫТИЕМ

Я. И. МИРЕНКОВА

Научный руководитель В. А. НОВИКОВ, д-р техн. наук, проф.  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Существуют ферромагнитные изделия, которые на стадии входного контроля или ремонта должны подвергаться дефектоскопии без удаления имеющегося на их поверхности защитного покрытия. Поэтому интерес представляет формирование магнитного поля у поверхности такого покрытия при различной его толщине.

Расчет тангенциальной составляющей суперпозиции магнитных полей на различном расстоянии от ферромагнитной основы выполнен по формулам [1] и [2] для случая цилиндрического дефекта радиусом 1 мм, продольная ось которого ориентирована параллельно поверхности пластины толщиной 24 мм, при толщинах немагнитных покрытий 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 и 2,5 мм. Причем если формулы [1] учитывают влияние напряженности намагничивающего поля, магнитной проницаемости материала объекта, радиуса дефекта, глубины его залегания, толщины плоскопараллельной пластины, то формулы [2] еще и влияние границ раздела сред (дефект – среда и среда – покрытие).

В обоих случаях показано, что тангенциальная составляющая напряженности поля дефекта на поверхности образца с покрытием имеет вид колоколообразной кривой, максимум которой располагается в плоскости симметрии дефекта, перпендикулярной поверхности образца. Чем больше толщина покрытия, тем меньше максимальное значение поля рассеяния дефекта, и оно более плавно убывает по мере удаления от плоскости симметрии. Полученные по формулам [2] графики более точно отражают реальную картину распределения магнитного поля дефекта у поверхности объекта с покрытием. Однако расчетным путем не удастся определить предельную толщину покрытия, при которой дефект может обнаруживаться при магнитографическом контроле, т. к. она зависит не только от величины тангенциальной составляющей поля рассеяния дефекта и его градиента, но и от частотной характеристики дефектоскопа, крутизны магнитной характеристики ленты и положения ее рабочей точки.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Зацепин, Н. Н.** Магнитоэстетическое поле внутреннего дефекта в ферромагнитном пространстве / Н. Н. Зацепин, Э. К. Горбунов // *Не разрушающие методы и средства контроля и их применение в промышленности*: сб. тр. – Минск, 1973. – С. 140–152.
2. **Щербинин, В. Е.** Учет влияния границы изделия на поле цилиндрического дефекта / В. Е. Щербинин, М. Л. Шур // *Дефектоскопия*. – 1976. – № 6. – С. 30–36.

УДК 621.95

### ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ТРЕУГОЛЬНЫХ ОТВЕРСТИЙ

С. Г. ПОЛТОРАЦКИЙ

Научный руководитель В. М. ШЕМЕНКОВ, канд. техн. наук, доц.  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Одной из основных областей применения треугольных отверстий является передача крутящего момента. К ярким примерам наличия таких отверстий можно отнести трехгранные ключи. Способы получения треугольных отверстий зачастую требуют использования специализированного дорогостоящего оборудования (прошивка, протяжка, электроэрозийная обработка и др.), не целесообразного для среднесерийного, единичного и ремонтного производств. Так же не все эти способы могут сформировать глухое отверстие, только сквозное.

Решением этой проблемы может стать обработка таких отверстий методом обкатки лезвийным инструментом, в основе которого лежит двуугольник (дельта-кривая) (рис. 1). Такая фигура получается пересечением двух кругов одинакового радиуса, расположенных так, что центр каждого из них лежит на одной прямой линии, с углом при вершине  $\pi/3$ . Радиус такой окружности будет в 3 раза больше радиуса вписанной окружности обрабатываемого треугольного отверстия.

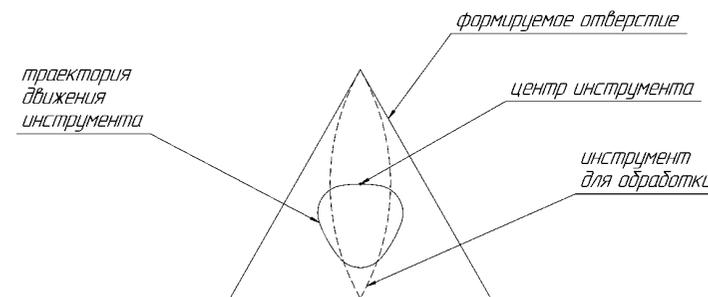


Рис. 1. Процесс формирования треугольных отверстий

Главной особенностью такой обработки является то, что помимо вращения инструмента вокруг своей оси и продольного перемещения вдоль своей оси по направлению к обрабатываемой поверхности, центр инструмента перемещается по определенной траектории. За один оборот инструмента вокруг своей оси он проходит полный круг по траектории.

Таким способом можно обрабатывать треугольные отверстия (сквозные и глухие) на универсальных станках с числовым программным управлением.

УДК 621.75

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТОЧНОСТИ И КАЧЕСТВА СЛОЖНОПРОФИЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ПРИ КОНТУРНОМ ФРЕЗЕРОВАНИИ

Е. А. ПОЛЬСКИЙ, С. В. СОРОКИН, А. З. СИМКИН  
Брянский государственный технический университет  
Брянск, Россия

Анализ существующих методов обеспечения точности при лезвийной обработке сложнопровильных поверхностей выявил несколько направлений технологического управления составляющими суммарной погрешности обработки. Большинство этих методов направлено на корректировку режимов механической обработки для снижения нагрузки на режущую кромку инструмента. Основным недостатком этих рекомендаций является неизбежное изменение параметров качества поверхностного слоя, обеспечиваемое комбинацией режимов резания и технологическими параметрами инструмента. Предлагается способ компенсации возникающих в процессе обработки сил резания, влияющих на траекторию инструмента, формирующего функциональную поверхность (рис. 1). На данный момент нет научно обоснованных методик по корректировке траектории инструмента в процессе обработки сложнопровильных поверхностей при поддержании стабильности качества поверхности и точности обработки в совокупности с учетом возникающих упругих деформаций и износа инструмента.

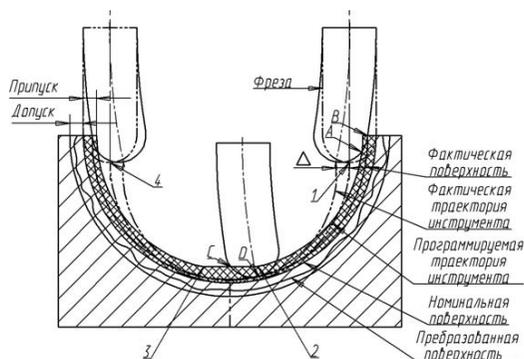


Рис. 1. Влияние смещения траектории инструмента вследствие упругих деформаций на формируемую поверхность

С целью уточнения возможности компенсации возникающих погрешностей, влияющих на параметры качества поверхности и точность обработки, произведен подробный анализ систем адаптивного управления обработкой заготовок деталей машин на станках с ЧПУ. Рассмотрены способы и технические средства адаптивного управления, а также выбор управляющих воздействий параметрами качества поверхностного слоя. Установлено, что подобные систе-

УДК 620.191

## КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛА ЗОНДОМ КЕЛЬВИНА

В. А. МИКИТЕВИЧ, К. В. ПАНТЕЛЕЕВ  
Научный руководитель А. Л. ЖАРИН, д-р техн. наук, проф.  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

Состояние исходной поверхности подложки имеет важное значение, например, при проведении исследований адгезионных свойств полимерных покрытий на металле [1]. Контроль однородности свойств поверхности подложки выполнен с использованием сканирующего зонда Кельвина. Контролируемым параметром при этом является работа выхода электрона поверхности металла. Площадь чувствительного элемента зонда Кельвина – 1 мм<sup>2</sup>, шаг сканирования – 0,5 мм. В качестве образца использована пластина из стали марки 08ПС. На рис. 1 представлены карты распределения потенциала поверхности (работы выхода электрона) образца до и после механической обработки наждачной бумагой Р2000.

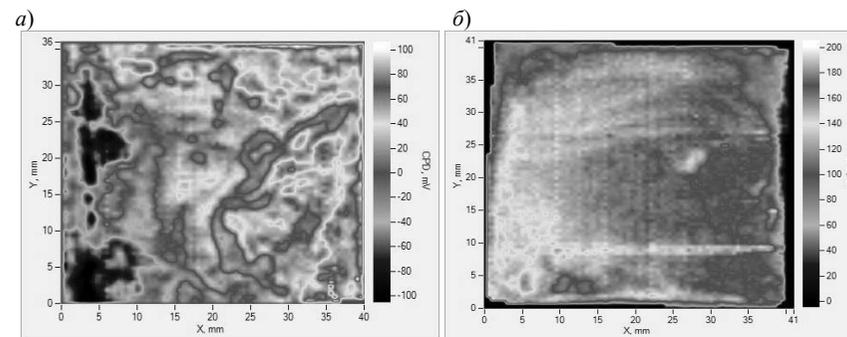


Рис. 1. Карта распределения работы выхода электрона поверхности пластины стали 08ПС: а – исходная поверхность; б – поверхность после обработки наждачной бумагой Р2000

По полученным результатам можно судить об увеличении однородности поверхности металла после механической обработки [1] и, следовательно, о достаточной подготовке пластины для проведения дальнейших исследований.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Контроль однородности свойств поверхностей на основе зондового картирования потенциала / К. В. Пантелеев [и др.] // Новые материалы и технологии: порошковая металлургия, композиционные материалы, защитные покрытия, сварка: материалы 14 Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 60-летию порошковой металлургии Беларуси, Минск, 9–11 сент. 2020. – Минск: Белорусская наука, 2020. – С. 518–524.

## РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ИНДИКАЦИИ НА АДРЕСНЫХ СВЕТОДИОДНЫХ ЛЕНТАХ

В. Ю. КАСЬМИН, Д. Ю. КРАСНЕВСКИЙ, И. А. ПАРИЗА

Научный руководитель Н. Н. РИЗНООКАЯ, канд. техн. наук, доц.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Устройство индикации на адресных светодиодных лентах состоит из нескольких основных модулей: микроконтроллер на отладочной плате, адресная светодиодная матрица и блок питания.

Микроконтроллер использует адресную светодиодную матрицу как экран для вывода информации. В отличие от различных видов дисплеев и матриц, адресные светодиодные матрицы намного менее ограничены в размерах, что позволяет их использовать на больших билбордах и там, где информация должна выводиться на большую площадь.

Адресные светодиодные матрицы состоят из большого количества адресных светодиодных лент, подключенных тем или иным образом к микроконтроллеру. Применение адресных светодиодных матриц обусловлено их относительной дешевизной, ремонтопригодностью и простотой.

Разработка называется «Экран-АСЛ» и конструктивно представляет собой алюминиевый корпус матрицы с акриловым покрытием, в котором находятся три светодиодные матрицы размерами 8 на 32 пикселя, а также две разграничительные светодиодные линии размерами 2 на 32 пикселя, прикреплённые на алюминиевой композитной панели с дополнительной изоляцией поверхности от пробоя. Светодиодные матрицы закрыты тонированным пластиком для рассеивания света и предназначены для удобства чтения с экрана. Матрицы присоединены к основным шинам питания и земли, и отдельно для каждой матрицы выведен провод управления. Шины питания, земли и провода управления выведены в отдельный корпус, в котором установлен блок питания и блок управления. Блок управления представлен четырьмя отладочными платами Arduino Mini Pro, каждая из которых отвечает за отдельную матрицу. Также в блоке управления присутствует Bluetooth-модуль для дистанционного управления и модуль реального времени для точного отсчёта времени и его последующего отображения на матрице посредством подключения к одной Arduino Mini Pro.

Особенностью данного проекта является применение адресных светодиодных лент WS2812B, имеющих управление ШИМ-сигналом, что позволяет увеличить диапазон световой палитры, упрощение подключения и управления микроконтроллером.

мы работают с некоторой задержкой и являются дорогостоящими для применения на производстве.

В качестве объекта исследования выбран сектор шнека экструдера, представляющего собой деталь типа тело вращения с нестандартными шлицами в основном осевом отверстии и наличием сложнопрофильных «перьев».

Описано влияние упругих деформаций и возникающих сил резания на формируемую поверхность, точность обработки и параметры качества поверхностного слоя. Под действием сил резания фреза отклоняется от своего первоначального положения в пространстве (рис. 2), что вызывает погрешность фрезеруемых размеров заготовки.

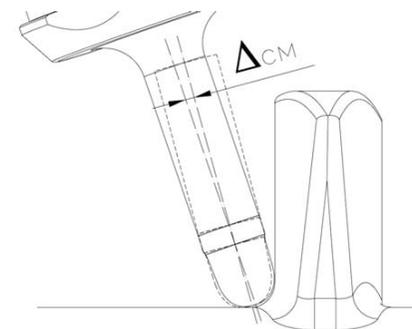


Рис. 2. Смещение траектории на величину  $\Delta_{\text{см}}$

После прохождения верификации разработанной управляющей программы, но до этапа генерации исходным постпроцессором кода программы для конкретной СЧПУ, САМ-система преобразовывает файл траектории движения инструмента и технологических команд в промежуточный CLDATA-файл, содержащий информацию о траектории, угле поворота инструмента и обобщенные команды управления станком. Благодаря интеграции с САМ-системой, разработанный в ходе исследований программный комплекс загружает сгенерированный CLDATA-файл в математический аппарат, и на основании введенных данных осуществляет корректировку размера статической настройки инструмента с учетом влияния сил резания и рассчитанных погрешностей обработки. По окончании корректировки полученные сведения вместе с исходным текстом УП поступают в разработанный в составе программного комплекса САМ-модуль. В соответствии с реализованной логикой САМ-модуль осуществляет поиск кадров в исходной УП, содержащих информацию о перемещении инструмента по криволинейным участкам обрабатываемой поверхности. Найденные кадры подвергаются корректировке на основании полученных из математического аппарата данных. По окончании поиска и редактирования кадров управляющей программы, осуществляется выгрузка УП для дальнейшей передачи на станок с ЧПУ.

## ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ЗВУКОВОГО УПРОЧНЕНИЯ

Т. А. САКОВЕЦ

Научный руководитель А. Н. ЖИГАЛОВ, канд. техн. наук, доц.  
Барановичский государственный университет  
Барановичи, Беларусь

В настоящее время металлорежущий инструмент широко применяется в современном машиностроении для обработки различных поверхностей деталей машин. Совокупность отличительных признаков метода АДУ является новой запатентованной разработкой.

Технологические режимы при нагревании при определенном времени способствуют равномерному прогреванию изделия по всему объему, что приводит к возрастанию собственной энергии подвижных локаций, а это, в свою очередь, оказывает благоприятное воздействие на снижение энергоемкости процесса аэродинамического воздействия.

Для обеспечения вхождения в резонанс стенок резонансной камеры необходимо внести ограничение при аэродинамическом воздействии колебаний звуковой частоты в пределах диапазона 140...800 Гц.

При верном воздействии времени от времени выдержки создадутся необходимые условия для перераспределения дислокаций.

Создание звукового поля воздухом с давлением подачи в диапазоне от 1,5 до 2,0 бар, при часовом расходе воздуха в первом цикле закалки в объеме 2,5...2,9 м<sup>3</sup> и при часовом расходе воздуха, увеличенном на 70 %...80 % по сравнению с первым циклом – во втором цикле закалки он способен производить на изделиях такие звуковые эффекты, которые будут оптимальными с точки зрения плотности энергии удара и набора наложения звуковых волн для различных видов дислокаций.

Введение в технологию двух циклов старения после двух процессов закалки при температуре 150 °С...170 °С на время, равное времени выдержки с последующим охлаждением на воздухе до полного остывания, способствует сохранению новых структурных характеристик, созданных в сплаве. Все остальные известные методы звукового упрочнения не имеют технологических операций, направленных на поддержание созданных условий, что делает ранее известные методы нестабильными.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МАЯТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОВЕРХНОСТИ

В. Ю. КАСЬМИН

Научный руководитель Н. Н. РИЗНООКАЯ, канд. техн. наук, доц.  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

Маятниковый метод измерений известен как один из методов контроля физико-механических параметров поверхности и измерения параметров трения качения в режиме предварительного смещения [1]. Известны маятники с опорой на два шарика и на один. Маятник с опорой на один шарик имеет более широкое применение, однако он требователен к балансировке. Любой маятник состоит из большого количества элементов, каждый из которых вносит свой вклад в его баланс; чем меньше элементов и чем более симметрично они выполнены, тем он более сбалансирован и меньше погрешность измерений физико-механических параметров опорной поверхности.

Целью работы является модернизация маятника (рис. 1) для уменьшения погрешности измерений.

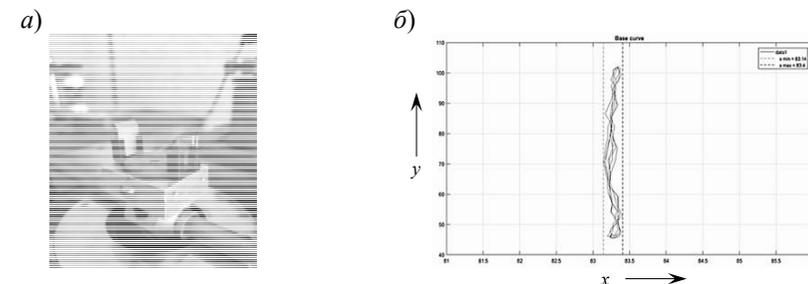


Рис. 1. Модернизация маятника: *a* – маятник после модернизации; *b* – траектория движения маятника

В рамках модернизации был разработан фиксатор зеркал, который ранее представлял собой четыре детали. Данная модернизация позволила уменьшить отклонение маятника от вертикальной траектории на 0,14 цены деления и составляет на данный момент 0,26 цены деления. Это позволило уменьшить потери энергии на паразитные боковые колебания, а следовательно, уменьшить погрешность при измерении физико-механических параметров.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Джилавдари, И. З. Устройство и методика измерения моментов сил сопротивления качению на пятне контакта / И. З. Джилавдари, С. Мекид, Н. Н. Ризноокая // Приборы и методы измерений. – 2019. – Т. 10, № 4. – С. 308–321.

УДК 620.179

### УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ КРИВОЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПЕЧАТНЫХ ПРОТЕКТОРОВ

А. С. ГОРДЕЕВА, Б. В. ЕРМОЛОВ, М. Е. ПЛОТНИКОВ

Научный руководитель С. С. СЕРГЕЕВ, канд. техн. наук, доц.  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

В промышленной практике сегодня ультразвуковой контроль занимает лидирующее положение. Это связано с его безопасностью, высокой чувствительностью к выявлению мелких дефектов в виде несплошностей, достаточно высокой производительностью, простотой реализации и большим выбором технических средств на рынке. Однако встречаются ситуации, когда требуются специальные меры или технические решения для обеспечения качественного контакта преобразователя (ПЭП) с объектом контроля. Чаще всего такая ситуация наблюдается при контроле сварных швов или основного материала технологических трубопроводов различного типоразмера по диаметру. В этом случае приходится применять так называемые притертые ПЭП по диаметру объекта, т. е. призма ПЭП адаптируется для очень узкого применения. Если приходится контролировать большое количество различных диаметров труб, то для этого необходимо такое же количество ПЭП, а это уже дорого.

Отличным выходом из данной ситуации является использование обычных ПЭП с плоской контактной поверхностью и сменных полимерных протекторов с контактной поверхностью на различные диаметры трубы. Для изготовления протекторов в данной работе использовали 3D-принтеры и различные материалы. При проведении экспериментов использовался ультразвуковой дефектоскоп USM Go и наклонные преобразователи производства SIUI с рабочей частотой 2,5 и 5 МГц, с углами наклона призмы 50°, 65° и 70°.

При моделировании была усовершенствована теоретическая модель акустического тракта для контроля сварных швов труб малого диаметра с использованием съемных печатных протекторов для наклонных преобразователей, учитывающая влияние изменения эффективного угла ввода ультразвукового луча; расстояния от центра мнимого излучателя-приёмника, соответствующего активной апертуре, до точки выхода луча; затухания в протекторе (изменение длины хода луча по призме); коэффициента прозрачности по энергии на границах «призма – протектор – объект».

Экспериментально проверено влияние используемых протекторов на величину погрешности измерения местоположения и размеров дефектов по искусственным ненаправленным отражателям для преобразователей с различными углами ввода на частотах 2,5 и 5 МГц. Получены значения абсолютных погрешностей определения координат дефектов. Сформулированы практические рекомендации по применению сменных протекторов для ПЭП.

УДК 666.7

### ПОЛУЧЕНИЕ СИНТЕТИЧЕСКОГО ВОЛЛАСТОНИТА НА ОСНОВЕ РАЗЛИЧНОГО КРЕМНЕЗЕМ- И КАЛЬЦИЙСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ

А. С. САМСОНОВА

Научный руководитель Р. Ю. ПОПОВ, канд. техн. наук, доц.  
Белорусский государственный технологический университет  
Минск, Беларусь

Волластонитовая керамика обладает комплексом ценных физико-технических характеристик, что обеспечивает ее широкое применение в промышленности. В машиностроительной отрасли огнеприпасы на основе синтезированного волластонита являются перспективными керамическими огнеупорными материалами, которые используются в качестве прибыльной части кокилей. Основными достоинствами волластонита являются инертность к химическому взаимодействию с расплавом алюминия, шлакоустойчивость, низкий коэффициент теплопроводности, а также высокие показатели электрофизических и механических свойств.

В настоящей работе для синтеза волластонитсодержащей керамики в качестве сырьевых материалов использовали следующие компоненты: мел Волковысского месторождения, гашеную известь ОАО «Красносельскстройматериалы», маршалит, трепел месторождения «Стальное», огнеупорную глину Веселовского месторождения. Изготовление опытных образцов осуществлялось методом полусухого прессования. Подготовленные сырьевые компоненты подвергали совместному помолу в шаровой мельнице в течение 20 мин, далее смесь увлажняли до влажности 6...8 мас. %. Готовый пресс-порошок вылеживался в течение 1 сут. Опытные образцы прессовали на гидравлическом прессе при давлении 20...25 МПа (прессование двухступенчатое). Далее проводилась сушка образцов в сушильном шкафу при температуре  $(100 \pm 5)^\circ\text{C}$ , после чего образцы обжигались в печи в интервале  $1100^\circ\text{C} \dots 1200^\circ\text{C}$  с подъемом температуры  $5^\circ\text{C}/\text{мин}$  и выдержкой 1 ч при максимальной температуре. Образцы охлаждались инерционно вместе с печью до комнатной температуры. Исследование свойств синтезированного материала позволило сделать вывод о том, что лучшими характеристиками обладали образцы на основе трепела и мела, значения которых находились в следующих пределах: водопоглощение – 20,8 %...24,0 %, кажущаяся плотность – 1663...1735 кг/м<sup>3</sup>, открытая пористость – 36,1 %...39,9 %, механическая прочность при сжатии – 13,0...32,9 МПа, температурный коэффициент линейного расширения –  $(8,0 \dots 9,5) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ . Отмечается, что использование названных компонентов способствует активации процессов фазообразования и спекания, что, по нашему мнению, связано с наличием в сырье нестабильных полиморфных разновидностей кварца, а также активных гидратных оболочек, которые в условиях синтеза интенсифицируют указанные процессы за счет эффекта Хедвала. Рентгенофазовый анализ полученной керамики показал, что качественный фазовый состав представлен волластонитом и псевдоволластонитом, низкотемпературной модификацией кварца, в незначительном количестве фиксируется анортит.

## ОСОБЕННОСТЬ УПРОЧНЕНИЯ ОТВЕРСТИЙ В СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ ИОННО-ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКОЙ

Л. Л. СОТНИК<sup>1</sup>, А. В. МАЛЕВИЧ<sup>1</sup>, С. А. САХАНЬКО<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Барановичский государственный университет  
Барановичи, Беларусь

<sup>2</sup>Брестский государственный технический университет  
Брест, Беларусь

Ионно-плазменное насыщение поверхностных слоев азотом является одним из наиболее распространенных методов изменения эксплуатационных характеристик изделия. Глубина и свойства азотированного слоя зависят от химического состава, структуры металла, формы изделия и параметров процесса.

В статье представлены результаты сравнения влияния одна- и двухступенчатого процесса азотирования на глубину азотированного слоя в отверстиях диаметром 20 и 40 мм в сталях 40X и 38X2MЮА.

Исследования проводили на универсальной полупромышленной установке ионного азотирования дверного типа по двум различным методикам:

– разогрев садки до температуры выдержки 510 °С и выдержка на этой температуре в течение 15 ч, с последующим остыванием в камере;

– разогрев садки до температуры выдержки 510 °С и ступенчатая выдержка при температуре 510 °С в течении 15 ч, а затем 550 °С в течении 5 ч, с последующим остыванием в камере.

Результаты, представленные на рис. 1, позволяют сделать вывод, что использование двухтемпературного режима азотирования может быть более целесообразным для легированных сталей.

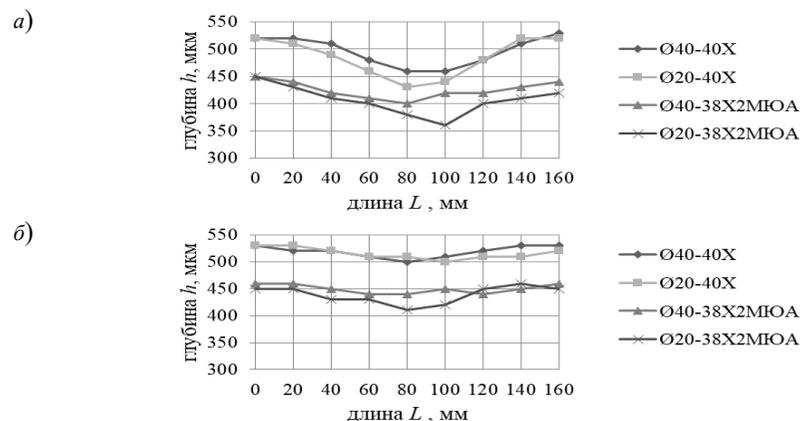


Рис. 1. График изменения глубины азотированного слоя по глубине отверстия в зависимости от его длины: первая методика (а) и вторая методика (б)

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДОПОГЛОЩЕНИЯ ЖЕСТКОГО ПЕНОПОЛИУРЕТАНА

Н. В. ГЕРАСИМЕНКО

Научный руководитель С. В. БОЛОТОВ, канд. техн. наук, доц.  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Одной из величин, характеризующих влажностное состояние теплоизоляции из жесткого пенополиуретана (ППУ), является *водопоглощение* – способность изоляционного материала впитывать и удерживать влагу в порах и капиллярах.

Для исследования водопоглощения были отобраны образцы, изготовленные на ЗАО «Завод Полимерных Труб» с применением реактивов в двух различных комбинациях компонентов «А» и «Б»: Изолан А345/1 + Voranate (используется при изготовлении как труб, так и фасонных изделий) и Эластопор + IsoPMDI (используется при изготовлении труб).

Для исследования водопоглощения были изготовлены специальные образцы размером 25 × 25 × 25 мм с точностью до ±1 мм. Кажущаяся плотность образцов была определена предварительно путем взвешивания с помощью лабораторных весов.

Исследование водопоглощения выполнено согласно ГОСТ 56590–2015. Условия проведения эксперимента: температура окружающего воздуха – 23,7 °С, влажность окружающего воздуха – 50 %, время выдержки в кипящей воде – 2 ч. Результаты эксперимента представлены на рис. 1.

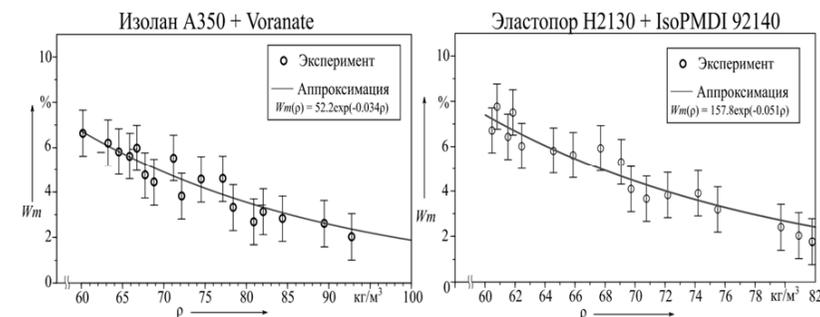


Рис. 1. Зависимости водопоглощения  $Wm$  от плотности ППУ  $\rho$

Полученные данные будут использованы для расчета коэффициента диффузии влаги, необходимого для построения математической модели влагопереноса в теплоизоляционном слое.

УДК 621.9

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ФОРМОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ УГЛЕПЛАСТИКОВ НА ОСНОВЕ ТЕРМОПЛАСТОВ

А. Д. ГАЛКОВА, С. К. СЕМЕНИХИНА

Научный руководитель Н. В. НЕЛЮБ, д-р техн. наук, доц.

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана  
Москва, Россия

Углепластики широко используются в различных отраслях промышленности в качестве конструкционных материалов как альтернатива металлам и их сплавам. Как правило, углепластиками называют композиты, в которых в виде наполнителя выступают углеродные волокна, а в виде связующего – различные полимеры. В роли полимерных матриц традиционно применяются терморезистивные матрицы, чаще всего эпоксидные смолы, что связано с их уникальными свойствами: низкой вязкостью, высокими адгезионными свойствами, теплостойкостью и др. Однако основным недостатком терморезистивных матриц является низкая технологичность (ограниченная жизнеспособность, длительный процесс отверждения, высокие энергозатраты). Этим недостаткам лишены термопластичные матрицы. Термопласты с высокой температурой плавления получили название «Суперконструкционные пластики». В качестве таких термопластов известны: полисульфон, полиэфирсульфон, полиэфиримид, полифениленсульфид и др.

Целью настоящей работы является оценка качества формования изделий из углепластика на основе углеткани и полифениленсульфида по препреговой технологии.

В качестве объекта исследования был выбран образец спрессованного термопластичного ламината, состоящего из углеткани саржевого плетения и полифениленсульфида.

Исследование строения композита проводилось с помощью рентгеноструктурного анализа на томографе Phoenix V|tome|x M. Метод компьютерной томографии заключается в сканировании экспериментального образца для изучения его макроструктуры. Анализ образца складывался из нескольких этапов: съемки (получение 2D рентгеновских проекций); реконструкция отсканированных кадров (создание 3D-моделей на основе 2D-снимков); анализ результатов (выявление дефектов, измерение, подготовка отчетов). В данной работе качество образца оценивали по показателям пористости. Как правило, пористость композитов на основе термопластов равна 5 %...12 %, тогда как для терморезистивных материалов она не превышает 6 %. Структурные исследования показали, что содержание пористости в исследованном композите на основе полифениленсульфида составляет 5,92 %, что свидетельствует о его хорошем качестве.

УДК 621.787

## АНАЛИЗ СПОСОБОВ УПРОЧНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВАЛОВ ПОВЕРХНОСТНЫМ ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ

И. А. ТАРАДЕЙКО, М. В. ТАРАДЕЙКО

Научные руководители: А. М. ДОВГАЛЕВ, канд. техн. наук, доц.;

Д. М. СВИРЕПА, канд. техн. наук, доц.

Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Для обеспечения качественных характеристик поверхностного слоя и эксплуатационных свойств валов находят применение методы поверхностного пластического деформирования слоя металла. К их числу относятся статические (накатывание роликовым, шариковым инструментом, алмазное выглаживание) и динамические методы поверхностного пластического деформирования (инерционно-центробежная, пневмовибродинамическая, дробеструйная, инерционная обработки и др.). Однако указанным методам свойственны некоторые технологические особенности: большая сила деформирования (при накатывании роликовым и шариковым инструментом); малая стойкость алмаза вследствие трения скольжения и высоких температур; наличие дополнительного источника энергии, необходимого для привода инструмента (электродвигатель для инерционно-центробежного упрочнения; сжатый воздух для пневмовибродинамической обработки и др.). К тому же, известные методы поверхностного пластического деформирования предусматривают воздействие на поверхность упрочняемой детали только одним видом энергии (механической) [2].

Перспективным представляется метод поверхностного пластического деформирования, основанный на одновременном ударном воздействии деформирующих шаров по упрочняемой поверхности и магнитным полем на очаг деформирования. Указанный метод обеспечивает комплексное энергетическое воздействие на поверхностный слой ферромагнитной детали и получение новых физико-механических свойств деформируемого металла [3].

Для осуществления метода предложен охватывающий инструмент, содержащий корпус с выполненными в нем сообщающимися наружной и внутренней кольцевой камерами и расположенными в них шарами-отражателями и деформирующими шарами; магнитную систему на основе цилиндрических постоянных магнитов, предназначенную для привода деформирующих шаров и намагничивания поверхностного слоя детали.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поляк, М. С. Технология упрочнения. Технологические методы упрочнения: в 2 т. / М. С. Поляк. – Москва: Л. В. М. – СКРИПТ; Машиностроение, 1995. – Т. 2 – 688 с.
2. Довгалева, А. М. Магнитно-динамическое и совмещенное накатывание поверхностей нежестких деталей / А. М. Довгалева. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2017. – 266 с.

УДК 621.787

## ДВУХРЯДНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ИМПУЛЬСНО-УДАРНОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

И. А. ТАРАДЕЙКО, М. В. ТАРАДЕЙКО

Научные руководители: А. М. ДОВГАЛЕВ, канд. техн. наук, доц.;

Д. М. СВИРЕПА, канд. техн. наук, доц.

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Традиционными методами отделочно-упрочняющей обработки наружных поверхностей деталей являются методы поверхностного пластического деформирования, перспективным из которых представляется магнитно-динамическое накатывание. Упрочнение методом магнитно-динамического накатывания позволяет эффективно снижать шероховатость поверхности, формировать поверхностный слой с новыми физико-механическими свойствами и высокой маслоемкостью [1].

Известен инструмент для комбинированного магнитно-динамического накатывания валов, содержащий кольцевую камеру, ряд деформирующих шаров, магнитную систему, предназначенную для привода деформирующих шаров и намагничивания поверхности детали. Такой инструмент, располагаемый односторонне к упрочняемой детали, позволяет эффективно снижать шероховатость поверхности и упрочнять деталь на значительную глубину, однако обладает относительно невысокой производительностью [2].

Для устранения указанного недостатка разработан инструмент для импульсно-ударной обработки, в состав которого входят корпус, включающий сообщающиеся наружную и внутреннюю кольцевые камеры, два ряда шаров (отражатели и деформирующие шары), расположенных в указанных кольцевых камерах инструмента, две магнитные системы, предназначенные соответственно для привода деформирующих шаров инструмента и намагничивания поверхностного слоя детали. Данная конструкция инструмента позволяет увеличить характеристики колебаний деформирующих шаров, производительность обработки, качественные характеристики и эксплуатационные свойства поверхностного слоя.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Довгалева, А. М. Магнитно-динамическое и совмещенное накатывание поверхностей нежестких деталей / А. М. Довгалева. – Могилев : Беларус.-Рос. ун-т, 2017. – 266 с.
2. Тарадейко, И. А. Повышение эксплуатационных свойств валов упрочненных комбинированным магнитно-динамическим накатыванием / И. А. Тарадейко // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности : материалы Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2018. – С. 5–9.

УДК 62-83

## РАЗРАБОТКА И СРАВНЕНИЕ ВАРИАНТОВ ПОСТРОЕНИЯ ИДЕНТИФИКАТОРА СКОРОСТИ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

В. В. ФЕДОТОВ

Научный руководитель В. В. РОЖКОВ, канд. техн. наук, доц.

Филиал «Национальный исследовательский университет «МЭИ»

в г. Смоленске

Смоленск, Россия

Создание электроприводов без механического датчика, обеспечивающих необходимые по технологии работы производственного механизма статические и динамические свойства, является одним из основных направлений развития современного автоматизированного электропривода, чему посвящено множество публикаций, как отечественных, так и зарубежных, например [1]. Анализ публикаций показывает, что наиболее эффективными, точными и целесообразными для применения на практике являются адаптивные алгоритмы идентификации, а также алгоритмы с оценкой параметров и состояния электродвигателя на основе нейросетей.

В филиале НИУ МЭИ в г. Смоленске разработан усовершенствованный вариант адаптивного идентификатора скорости асинхронного двигателя на фоне изменяющихся активных сопротивлений статора и ротора, использующий прямой метод Ляпунова. Получено, что методика построения идентификатора на основе прямого метода Ляпунова эффективна для построения и качественной оценки скорости двигателя. Результаты моделирования – реальная и оцениваемая скорость вращения ротора показаны на рис. 1, оцениваемые сопротивления статора и ротора соответственно – на рис. 2.

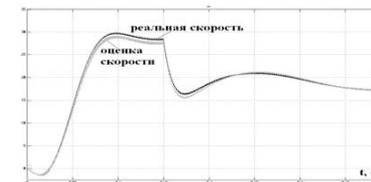


Рис. 1

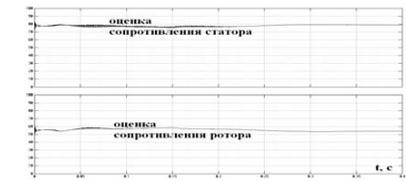


Рис. 2

Для сопоставления также разработан вариант идентификации на основе двухслойной нейронной сети с обратными связями. В докладе приведены результаты сопоставления алгоритмов на моделях и выводы по точности и быстродействию работы систем в статике и в динамике с выработкой рекомендаций по практическому применению разработанных алгоритмов.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Chen, J. Stable Simultaneous Stator and Rotor Resistances Identification for Speed Sensorless IM Drives: Review and New Results / J. Chen, J. Huang // IEEE Transactions on Power Electronics. – 2018. – Vol. 33, № 10. – P. 8695–8709.

УДК 621.315

### АНАЛИЗ КОНДУКТИВНЫХ ПОМЕХ НА ОБЪЕКТАХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

П. В. ТУРКИН

Научный руководитель В. Е. МЕЩЕРЯКОВ, канд. техн. наук  
Вологодский государственный университет  
Вологда, Россия

На объектах электроэнергетики и электросетевом хозяйстве очень важна надёжность работы электрооборудования. Различные помехи могут приводить к ложным срабатываниям или поломке устройств РЗА и автоматики.

Кондуктивная помеха наиболее опасна при ударе молнии. Расчет результирующей помехи является одним из критериев анализа электромагнитной совместимости на этапе разработки проектной документации.

Отраслевой стандарт ПАО «ФСК ЕЭС» регламентирует использовать коэффициент экранирования ( $k = 6...10$ ) для контрольного кабеля с двухсторонним заземлением экрана кабеля. ООО «ЭЗОП» экспериментально получила коэффициент экранирования  $k = 4$ .

Можно отказаться от эмпирических коэффициентов и воспользоваться расчетной методикой. При вводе импульса тока молнии определяем разницу потенциалов по концам кабеля – исходная помеха  $U$  (рис. 1, а).

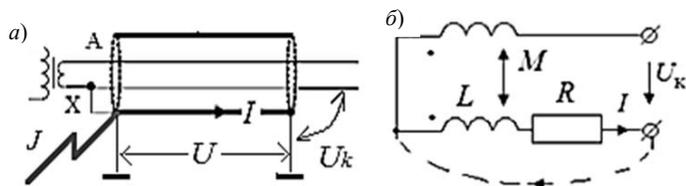


Рис. 1. Расчет кондуктивной помехи по току: а – физическая модель; б –  $RL$ -схема замещения

Результирующая помеха определяется (рис. 1. б):

$$U_k = z_\tau \cdot l \cdot I_s,$$

где  $z_\tau$  – передаточное погонное сопротивление экран-жила кабеля,  $l$  – длина кабеля,  $I_s$  – ток экрана.

Помеха пропорциональна току экрана. Существенное снижение помехи обеспечивается двухсторонним заземлением экрана, заземляющим устройством и другими заземленными металлоконструкциями. В результате коэффициент экранирования может существенно отличаться от нормативных значений. Переход на расчетную методику позволит более точно определять коэффициент экранирования и установить единое значение, которое будет использоваться в проектировании и расчётах.

УДК 621.7.01

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗОТЕРМИЧЕСКОЙ ШТАМПОВКИ ПОЛЫХ ИЗДЕЛИЙ С ФЛАНЦЕМ

ФАМ ВАН НГОК

Научный руководитель П. А. ПЕТРОВ, канд. техн. наук, доц.  
Московский политехнический университет  
Москва, Россия

В данной статье изучено течение материала в формообразующем инструменте в условиях горячей изотермической штамповки. Рассматриваемое полое осесимметричное изделие с фланцем деформируется при температуре (начальной)  $430^\circ\text{C}$ . Применение имитационного компьютерного моделирования в программе QForm позволило изучить особенности течения материала, распределение параметров напряженно-деформированного состояния, а также распределение линий течения (волокон) материала в процессе всего процесса формоизменения. Выявлены основные параметры, влияющие на качество получаемого изделия.

На рис. 1 показано расположение линий течения (волокон материала) в изделии в конечный момент формоизменения. По распределению линий течения материала в очаге деформации можно судить о возможности формирования дефектов.

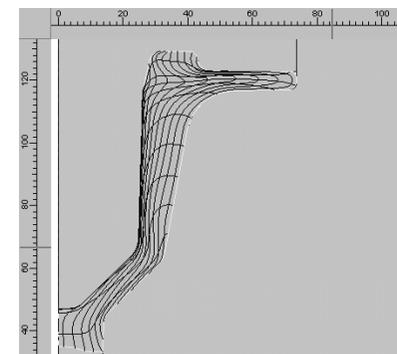


Рис. 1. Структура изделия (по результатам моделирования в QForm)

Таким образом, результаты имитационного компьютерного моделирования показывают возможность изготовления полого осесимметричного изделия с фланцем из алюминиевого сплава АМг6. Основными параметрами, влияющими на образование вышеуказанных дефектов, являются толщина фланца, толщина вертикальной стенки, формируемая внутренним и наружным штамповочными уклонами, радиусы закругления в области, прилегающей к фланцу изделия, а также показатели технологической смазки и температура (начальная) нагрева заготовки и инструмента под горячую изотермическую штамповку.

УДК 621.9

НАДЕЖНОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ  
ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

А. А. ШЕЛКУНОВ

Научный руководитель М. Н. НАГОРКИН, д-р техн. наук, доц.  
Брянский государственный технический университет  
Брянск, Россия

Оценивалась надежность технологического обеспечения триботехнических характеристик цилиндрических поверхностей деталей машин, работающих в соединениях трения скольжения, и технологические возможности методов их обеспечения (точение композитом 10 (ТК10), нанесение мягкой прирабочной плёнки (МПП), алмазное выглаживание (АВ), приработка (ПР)).

В результате проведения активных экспериментов были получены модели формирования следующих характеристик: коэффициенты трения в начале  $f_1$  и конце  $f_0$  приработки; величины суммарного начального износа сопряжения  $h_{01} + h_{02}$ ; интенсивности нормального изнашивания вала  $I_1$  и вкладыша  $I_2$  [1]. Обработка результатов экспериментов показала, что за счёт варьирования управляющих факторов значения указанных эксплуатационных свойств можно обеспечить с высокой надёжностью в достаточно широких пределах.

Установлена степень влияния факторов обработки триботехнологической системы «ТК10 + МПП + АВ + ПР» на изменение показателей  $f_1, f_0, (h_{01} + h_{02}), I_1, I_2$ , и определена их последовательность по степени убывания значимости влияния, начиная с наиболее эффективного:  $\Delta P \rightarrow V_{np} \rightarrow M_{nn} \rightarrow S_{AB} \rightarrow S_T \rightarrow Q_{AB} \rightarrow j \rightarrow V_T \rightarrow M_6 \rightarrow t \rightarrow P_{np} \rightarrow V_{AB}$ . Коэффициент конкордации  $\omega = 0,53$  указывает на статистическую значимость такого ранжирования. Фактор  $\Delta P$  указывает, что приработку соединения желательнее осуществлять в условиях воздействия управляемых динамических нагрузок.

Исследовалось изменение параметров шероховатости поверхности вала, начиная от этапа точения композитом 10 до завершения процесса приработки соединения. Так, после точения параметр Крагельского-Комбалова  $\Delta = 0,79$ . После нанесения МПП фрикционным латунированием и последующего алмазного выглаживания  $\Delta = 0,022$ , т. е.  $\Delta$  уменьшается в  $\approx 35$  раз. После приработки  $\Delta = 0,01$ , что в 2,2 раза меньше значения  $\Delta$ , полученного после изготовления вала. Это показывает, что износостойкость поверхности повышается.

Были получены модели формирования параметров эксплуатационной шероховатости поверхностей валов и вкладышей с учетом влияния всех управляющих факторов исследуемой триботехнологической системы.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нагоркин, М. Н. Параметрическая надёжность технологических систем чистовой и отделочно-упрочняющей обработки поверхностей деталей машин инструментами из сверхтвёрдых синтетических материалов: монография / М. Н. Нагоркин; под ред. А. В. Киричка. – Москва: Спектр, 2017. – 304 с.

УДК 621.3

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ  
СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

А. С. ТРЕТЬЯКОВ, О. А. КАПИТОНОВ

Научный руководитель Г. С. ЛЕНЕВСКИЙ, канд. техн. наук, доц.  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Идентификация параметров схемы замещения асинхронного электродвигателя – это процесс, при котором на основе синтезированного математического аппарата определяются сопротивление и индуктивности статора и ротора, а также сопротивление и индуктивность взаимной индукции асинхронного электродвигателя.

Значения параметров схемы замещения электродвигателя, получаемые в результате процедуры идентификации, необходимы для настройки системы автоматического регулирования токов статора и скорости вращения электродвигателя, а также бездатчикового параметрического вычислителя скорости вращения выходного вала.

Разработанная методика позволяет с достаточной скоростью и точностью произвести идентификацию параметров схемы замещения асинхронного электродвигателя при работе в составе частотно-регулируемого электропривода.

В качестве исходных данных используются следующие каталожные данные: номинальная мощность двигателя, номинальное напряжение статора, синхронная частота вращения, номинальная частота вращения, коэффициент полезного действия, коэффициент мощности, кратность максимального момента, кратность пускового момента, кратность пускового тока.

Данная методика выполняется в три этапа. Первый этап – предварительная оценка параметров схемы замещения. Второй этап – точное измерение активного сопротивления обмотки статора асинхронного электродвигателя с помощью метода амперметра-вольтметра. Третий этап – подача тестового сигнала специальной формы амплитудой не более 24 В на одну из фаз. Такой уровень напряжения обусловлен необходимостью ограничить ток, протекающий по обмотке статора, и исключить перегрев асинхронного электродвигателя за время идентификации параметров схемы замещения. При этом с помощью цифрового осциллографа снимаются сигналы токов статора и скорости вращения асинхронного электродвигателя.

Полученные сигналы напряжений и токов фаз статора служат входными данными для адаптивной модели электродвигателя. В ходе моделирования производится адаптация параметров модели по величине невязки величин токов статора, рассчитанных при помощи модели, и снятых осциллографом с идентифицируемого электродвигателя. В результате адаптации параметры модели приближаются к параметрам схемы замещения идентифицируемого электродвигателя и могут быть использованы далее в системе управления автоматизированным электроприводом.

УДК 621.3

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО КОМПЛЕКСА  
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЧАСТОТЫ

А. С. ТРЕТЬЯКОВ, Р. Я. ДАВЛЕТБАЕВ

Научный руководитель Г. С. ЛЕНЕВСКИЙ, канд. техн. наук, доц.  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

При подготовке молодых специалистов особое внимание необходимо уделять прививанию им основных навыков работы с современным оборудованием, используемым сегодня в промышленности. Для достижения данной цели в настоящий момент идет постепенная модернизация материально-технической базы лаборатории «Теория электропривода» кафедры «Электропривод и АПУ» Белорусско-Российского университета.

Цель данной работы – создание лабораторного комплекса по исследованию преобразователей частоты. В качестве силовых преобразователей используются преобразователи частоты производителей Lenze, Овен, и Yaskawa мощностью до 5 кВт. В качестве испытуемого электродвигателя выступает общепромышленный асинхронный электродвигатель мощностью 3 кВт, который нагружается с помощью двигателя постоянного тока. Цепь якоря нагрузочной машины замкнута на активное сопротивление и регулирование момента нагрузки происходит по цепи обмотки возбуждения.

Данный стенд позволяет исследовать конструкцию и принцип работы преобразователей частоты, законы частотного управления, различные способы управления преобразователями, в том числе удаленно. При дистанционном способе управления используется персональный компьютер со специализированным программным обеспечением, позволяющим настроить и запустить преобразователь.

Также заложена возможность снятия и исследования сигналов токов и напряжений на входе и выходе преобразователей.

Любой преобразователь можно настроить и запустить разными способами. Например, преобразователь частоты производителя Lenze имеет три сменных пульта, позволяющих управлять непосредственно с самого кнопочного пульта, через wi-fi или по интерфейсу USB. Преобразователь частоты производителя Овен имеет кнопочный пульт, и управление по wi-fi. Преобразователь производителя Yaskawa имеет множество современных интерфейсов для местного и дистанционного управления. Особенностью данного преобразователя является уникальность его архитектуры. Он относится к типу матричных преобразователей со своими законами управления силовыми ключами.

На данный момент комплекс собран и проходит настройку и обкатку. В качестве дальнейшего его развития планируется добавить рекуперативные модули производителя Yaskawa для изучения рекуперации энергии в сеть.

УДК 621.7.015

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТЬЮ  
ПРЕЦИЗИОННЫХ ПАР ТРЕНИЯ

Д. В. ШЛОМИН

Научный руководитель А. В. ТОТАЙ, д-р техн. наук, проф.  
Брянский государственный технический университет  
Брянск, Россия

Работа посвящена повышению эксплуатационной надежности гидромоторов, обеспечивающих безредукторную передачу больших крутящих моментов. Узлом, лимитирующим долговечность гидромотора, является пара трения поршень-втулка, через которую передается давление рабочей жидкости к механизму главного привода. Информация о динамике изменения параметров состояния поверхностного слоя приведена в табл. 1. В таблице:  $d$  – номер зерна стали в поверхностном слое втулки,  $I$  – уровень экзоэлектронной эмиссии с поверхности поршня.

Табл. 1. Средние значения параметров состояния поверхностного слоя трибосистемы «втулка-поршень»

Параметры	Втулка			Поршень		
	Исходное состояние	Эксплуатация		Исходное состояние	Эксплуатация	
		3000 ч	6000 ч		3000 ч	6000 ч
$Ra$ , мкм	0,22	0,16	0,15	0,36	0,23	0,24
$d$ , номер	12	8	8	–	–	–
$I$ , $c^{-1}$	483	434	419	312	277	286

Средний зазор в сопряжении изменялся следующим образом: до эксплуатации – 0,022 мм; 3000 ч работы – 0,042 мм; 6000 ч работы – 0,061 мм.

Применение специального резцедержателя (а. с. СССР 1060328) при обточке поршня позволяет снизить уровень экзоэлектронной эмиссии, т. к. чистой резец обрабатывает более пластичный материал из-за наложения двух температурных полей. В результате обработки по рассчитанным режимам были получены:  $d = 0,011$  мм (№ 10) и  $I = 322c^{-1}$ ;  $Ra_{em} = 0,19$  мкм;  $Ra_n = 0,36$  мкм.

Испытания гидромоторов с трибосистемами, поверхности которых обработаны по предложенной технологии, позволили получить следующие данные по динамике изменения зазора в сопряжении вал-поршень: до эксплуатации – 0,021 мм; 3000 ч работы – 0,034 мм, 6000 ч работы – 0,043 мм.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Тотай, А. В.** Экзоэлектронная эмиссия как комплексный критерий физико-химического состояния поверхностей деталей машин при различных методах обработки / А. В. Тотай // Наукоемкие технологии в машиностроении. – 2015. – № 5. – С. 17–23.

УДК 621.83.06

### ВЫБОР ПОДШИПНИКОВ ДЛЯ СОСТАВНЫХ РОЛИКОВ ПЛАНЕТАРНОЙ ТОРОВОЙ ВИНТОВОЙ ПЕРЕДАЧИ

А. Д. БОДУНОВА

Научный руководитель А. П. ПРУДНИКОВ, канд. техн. наук, доц.  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Значительные силовые нагрузки, воспринимаемые звеньями планетарной торовой винтовой передачи, вследствие больших передаточных отношений, реализуемых ею, и ограниченные габаритные размеры передачи, накладываемые ее областью применения (мотор-редукторы, мехатронные модули и т. д.), вызывают повышенные требования при выборе подшипников для узлов планетарной торовой винтовой передачи. Наиболее нагруженным узлом передачи являются составные ролики, передающие нагрузку между ведущим и ведомым звеньями. Составные ролики фиксируются на ведомом валу посредством подшипников.

С точки зрения получения максимально возможного КПД передачи для установки составных роликов на ведомом валу целесообразно использование радиально-упорных подшипников качения, поскольку на ролик при передаче нагрузки действуют как радиальные, так и осевые силы. В этом случае подшипниковый узел составного ролика состоит из двух радиально-упорных подшипников, установленных на оси, на которые действуют окружная, радиальная и осевая силы, а также изгибающий момент, создаваемый осевой силой. Исходя из расчетной схемы нагружения подшипников определяются действующие на них максимальные реакции. Расчет эквивалентной динамической нагрузки проводится с учетом того, что в подшипниках (исходя из схемы их установки) наружные кольца вращаются, а внутренние – неподвижны. Соответственно, эквивалентная динамическая нагрузка определяется по формуле

$$P_{r4} = 1,57 \cdot (1,2 \cdot X \cdot R_4 + Y \cdot H_{a4}),$$

где  $X, Y$  – факторы нагрузки, зависящие от типа и размеров подшипника;  $R_4, H_{a4}$  – радиальная и горизонтальная реакции, действующие на подшипник, Н.

Ресурс подшипника зависит от его частоты вращения, которая в свою очередь определяется как отношение частоты вращения ведущего вала к удвоенному значению числа витков беговой дорожки на ведущем звене. Полученные зависимости позволяют выполнить подбор подшипников качения для составных роликов по динамической грузоподъемности.

В случае невозможности использования подшипников качения для установки составных роликов вследствие накладываемых ограничений на габаритные размеры передачи и значительных нагрузок, приходящихся на составной ролик, возможно применение для фиксации роликов на ведомом валу подшипников скольжения, работающих при полужидкостном трении. Подшипники скольжения рассчитываются по произведению давления на скорость.

УДК 621.74.047

### МЕХАНИЗМ ДВИЖЕНИЯ СЛИТКА ПРИ НЕПРЕРЫВНОМ ГОРИЗОНТАЛЬНОМ ЛИТЬЕ

К. И. ПАРХОМЕНКО, В. Б. ПОПОВ

Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Формирование слитка при горизонтальном непрерывном литье происходит под действием большого количества факторов. В частности, сила тяжести и усадки приводит к опусканию отливки на нижнюю поверхность кристаллизатора и образованию газового зазора в верхней полусфере. Это ведет к неравномерности охлаждения и как следствие к неоднородности структуры и свойств слитка по сечению.

В реальных условиях смещение теплового центра относительно геометрического доходит до 7...10 мм, а разница температур между верхней и нижней поверхностями слитка при выходе из кристаллизатора достигает 200 °С...300 °С при диаметре слитка до 100 мм. Движение слитка при его извлечении из кристаллизатора может происходить как непрерывно с заданной скоростью извлечения, так и периодически, т. е. движение с выбранной скоростью с остановкой на заданное время. При этом скорость движения и время паузы задается системой управления. Для устранения недостатков, проявляющихся при такой схеме извлечения, предполагается циклическая схема движения отливки, при которой перемещение в горизонтальном направлении совмещено с поворотом на заданный угол в вертикальной плоскости. Это позволяет улучшить равномерность охлаждения по периметру слитка и стабилизировать его структуру.

Для реализации этого алгоритма механизм движения слитка состоит из захватов, расположенных по периметру слитка и связанных с приводами вращательного и поступательного движения. Захваты смыкаются и размыкаются с помощью электромагнитов. Горизонтальная ось вытягивания совпадает с осью вращения слитка. Время движения и время вращения задается программатором независимо друг от друга, но эти времена синхронизированы по моменту своего начала. Возврат механизма движения в исходное положение происходит по окончании как поступательного, так и вращательного движения под действием возвратных пружин после разжима захватов. Угол поворота за один цикл движения задается в пределах 0°...45°, а длина шага вытяжки 1...50 мм.

Слиток поворачивается в кристаллизаторе в вертикальной плоскости на определенный угол при каждом шаге вытягивания. Это позволяет уменьшить влияние усадки и сил тяжести на равномерность структуры по сечению отливки и повысить ее качество.

УДК 621.31

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТИРИСТОРОВ В КАЧЕСТВЕ БЛОКА ВЫПРЯМИТЕЛЯ ДЛЯ СТАНЦИЙ БЫСТРОЙ ЗАРЯДКИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

А. И. МАВРИН

Научный руководитель А. В. ФЕРЕНЕЦ, канд. техн. наук  
Казанский национальный исследовательский технический  
университет им. А. Н. Туполева-КАИ  
Казань, Россия

Сегодня многие развитые страны формируют и реализуют программы перехода с ДВС автомобилей на электромобили. Это связано с тенденцией снижения выбросов выхлопных газов в атмосферу, снижения уровня шума в городах и прочим. Согласно программе Европейской комиссии, к 2030 г. доля использования электричества в качестве моторного топлива должна вырасти на 15 % и в несколько раз – к 2050 г. Такой тренд перехода на электромобили является мировым и, вероятнее всего, окажет непосредственное влияние на рынок автомобилей в России и странах СНГ. Для формирования устойчивой тенденции развития данной отрасли необходимо уже сейчас принимать меры для развития зарядной инфраструктуры электромобилей. В данном докладе сделан упор на станции быстрой зарядки электромобилей в связи с высоким уровнем скорости заряда и большим потенциалом развития.

В качестве блока выпрямителя станций быстрой зарядки предлагается использовать тиристорные модули. Выбор такого способа выпрямления обоснован высоким КПД тиристорного выпрямителя большой мощности, низкой пульсацией выпрямленного напряжения и простотой реализации схемы управления тиристорами и меньшим количеством составных элементов зарядной станции. Важной отличительной особенностью тиристорного преобразователя является его низкая стоимость. При применении тиристорного преобразователя возможно реализовать концепцию двухстороннего использования электромобилей и сети (V2G). Эта концепция подразумевает возможность выдачи электроэнергии из автомобиля в сеть для управления спросом на электроэнергию. Для управления работой тиристорного модуля можно использовать специально разработанные тиристорные драйверы вместе с датчиками тока. В случае возникновения перегрузки по току в блоке тиристора драйвер подает сигнал на прерывание процесса заряда.

Тиристорные модули вместе с драйверами имеют большой потенциал для использования в качестве блока выпрямления в станциях быстрой зарядки.

УДК 621.83.06

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПЛАНЕТАРНОЙ ТОРОВОЙ ВИНТОВОЙ ПЕРЕДАЧИ

А. Д. БОДУНОВА

Научный руководитель А. П. ПРУДНИКОВ, канд. техн. наук, доц.  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Область применения планетарной торовой винтовой передачи, исходя из ее преимуществ и недостатков, ограничена малогабаритными силовыми приводными системами с большими передаточными отношениями (до 100 в одной ступени). Исходя из этого для проектирования планетарной торовой винтовой передачи важно разработать методику расчета ее геометрических параметров, позволяющую обеспечить малые габаритные размеры передачи с реализацией предъявляемых требований по передаваемому моменту и сроку службы.

Разработанная методика расчета основана на проведенных энергетико-кинематическом, силовом и прочностном анализе передачи. В начале расчета исходя из требуемых габаритных размеров и передаточного отношения определяются геометрические параметры винтовых линий, являющихся образующими для беговых дорожек, на ведущем и заторможенном звеньях (соответственно и размеры этих звеньев), а также число составных роликов и установленных в них пальцев.

Полученные в результате кинематического анализа зависимости позволяют определить размеры составного ролика, обеспечивающие снижение скоростей скольжения при взаимодействии пальцев с беговыми дорожками и соответственно повышение КПД передачи.

Силовой анализ позволил разработать математическую модель для определения максимальных сил, действующих на составной ролик, который является наиболее нагруженным звеном в передаче. Поскольку нагрузка в передаче передается с ведущего звена на ведомое через составные ролики, то на базе полученной математической модели были выведены зависимости для определения действующих силовых факторов на все звенья передачи.

Прочностной анализ планетарной торовой винтовой передачи с учетом проведенного силового анализа позволил получить зависимости для расчета геометрических параметров пальцев составного ролика, исходя из действующих контактных напряжений и напряжений изгиба, диаметры ведомого и ведущего валов, и размеры резьбового соединения, фиксирующего заторможенное звено в корпусе передачи. Адекватность разработанной методики расчета геометрических параметров передачи подтверждена с помощью метода конечных элементов в системе Ansys. Апробация полученной методики нашла отражение при изготовлении с помощью 3D-печати двух образцов планетарной торовой винтовой передачи с диаметрами корпусов 120 мм и передаточными отношениями 49 и 25 с разными вариантами выполнения наружной поверхности пальцев (сферическая и цилиндрическая).

УДК 621.83.06

### ИССЛЕДОВАНИЯ КПД КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ СФЕРИЧЕСКОЙ ШАРИКОВОЙ МУЛЬТИПЛИКАТОРНОЙ ПЕРЕДАЧИ

Е. С. ЛУСТЕНКОВА

Научный руководитель М. Е. ЛУСТЕНКОВ, д-р техн. наук, проф.  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Разработана конструкция мультипликаторного механизма на основе сферической шариковой передачи (СШП) с двухрядным сателлитом [1, 2]. Создана параметрическая модель мультипликатора в системе NX, основные элементы механизма показаны на рис. 1.

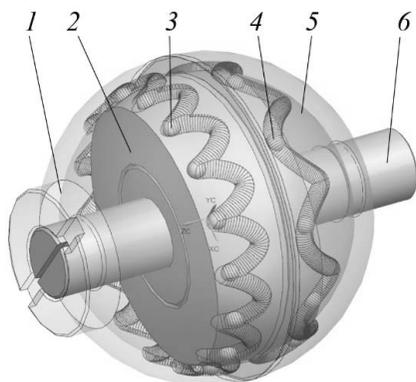


Рис. 1. Компьютерная модель СШП: 1 – входной вал; 2 – сателлит; 3, 4 – шарики; 5 – корпус; 6 – выходной вал

Диаметр основной сферы (поверхности расположения траекторий центров масс шариков) принимался равным 60 мм, коэффициент мультипликации – 25. В модели тела качения заменялись сферическими выступами, динамический коэффициент трения в 3D-контактах шариков и беговых дорожек был задан  $f=0,1$ . При этом средний КПД СШП составил 0,89. Это свидетельствует о целесообразности применения СШП для создания мультипликаторов.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Lustenkov, M. E.** Analysis of contact strength of spherical roller transmission with double-row pinion / M. E. Lustenkov, A. N. Moiseenko // IOP Conf. Series: International Conference on Mechanical Engineering and Modern Technologies (MEMT 2020). – 2021. – Vol. 1118 (2021) 012006. – 6 p.

2. **Лустенков, М. Е.** Сферическая роликовая передача с двухрядным сателлитом: силовые расчеты и определение КПД / М. Е. Лустенков, Е. С. Лустенкова // Вестн. Брян. гос. техн. ун-та. – 2019. – № 5. – С. 32–43.

УДК 621.926.6

### ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЛИНИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

О. М. ШЕМЕТОВА

Научный руководитель Ю. М. ФАДИН, канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В. Г. Шухова  
Белгород, Россия

Сегодня разработка малотоннажных технологических линий актуальна из-за их компактности, невысокой стоимости и гибкости технологического процесса.

Сухие строительные смеси находят применение в различных отраслях строительства и производства. Современная технология производства смесей должна обладать возможностью перехода с выпуска одной смеси на другую, более высокой однородности и обеспечивать гибкость производства.

Производители сухих строительных смесей не только постоянно расширяют ассортимент своей продукции, но и совершенствуют уже существующую. В мире существуют не менее 235 заводов в 30 странах мира по производству сухих строительных смесей, создающих продукцию с использованием современных автоматизированных технологий и технологических процессов.

Основным элементом в технологической линии является современное и инновационное оборудование, от которого зависит качество выпускаемой продукции. Главные производители оборудования, которые используют на российском рынке для получения сухих строительных смесей, это: AML Anlagentechnik GmbH, M-tec mathis Technik qmbh, Rafiz, raute precision, «Вселуг», «Турбомикс», «Строймеханика».

Рост производства сухих строительных смесей в России идет быстрыми темпами и является корпоративным производством зарубежных компаний на территории России. Но существующие технологические схемы производства сухих строительных смесей имеют ряд недостатков, что говорит о необходимости научных исследований и улучшения технологий производства сухих строительных смесей по следующим направлениям:

- 1) создание комплексного оборудования для энергосберегающих технологий производства;
- 2) оптимизация рецептуры сухих строительных смесей;
- 3) унифицирование смесей разных направлений;
- 4) создание автоматизированных техпроцессов и усовершенствование существующих;
- 5) разработка и производство новых смесителей для производства сухих строительных смесей.

УДК 624.072

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВАРИАЦИОННО-РАЗНОСТНОГО МЕТОДА В РАСЧЕТЕ ПЕРЕКРЕСТНЫХ ЛЕНТ НА УПРУГОМ СЛОЕ ПЕРЕМЕННОЙ ТОЛЩИНЫ

К. А. СИРОШ

Научный руководитель О. В. КОЗУНОВА, канд. техн. наук, доц.  
Белорусский государственный университет транспорта  
Гомель, Беларусь

В работе рассматривается использование вариационно-разностного метода для расчета перекрестных лент на упругом слое переменной толщины. Системой перекрестных лент на упругом слое чаще всего моделируют ленточные фундаменты мелкого заложения под здания разного функционального назначения.

Рассматривается система перекрестных лент постоянной изгибной жесткости на упругом слое под действием нагрузки. Поперечные сечения лент принимаются постоянными. Внешняя нагрузка действует перпендикулярно плоскости осей системы перекрестных лент [1]. На границах расчетной области горизонтальные перемещения  $u = 0, v = 0$ . Равенство осадок основания прогибам лент справедливо в контактной зоне. При линейном расчете упругий слой заменяется расчетной областью, которая аппроксимируется симметричной объемной разбивочной сеткой с постоянными шагами по осям:  $\Delta x, \Delta y, \Delta z$ . В результате чего получается 96 ячеек и 175 узловых точек.

Решение задачи строится в перемещениях, принимая за неизвестные компоненты вектора узловых перемещений  $u_i(x, y, z), v_i(x, y, z), w_i(x, y, z)$ . Неизвестные перемещения  $u_i(x, y, z), v_i(x, y, z), w_i(x, y, z)$  могут быть определены из условия равенства нулю по каждому из перемещений производных от полной энергии, поскольку в состоянии статического равновесия имеет минимум функционал полной энергии  $\mathcal{E}$ .

Построен алгоритм упругого расчета, составлена программа с использованием пакета компьютерной алгебры MATHEMATICA [2], проведена численная апробация.

В результате проведенных исследований замечено, при граничных условиях и числовых данных, принятых в поставленной задаче, ленты изгибаются волнообразно, что предположительно в натуральных условиях при выбранных размерах расчетной области и требует уточнения глубины сжимаемой толщины упругого слоя.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Козунова, О. В. Нелинейный расчет системы перекрестных балок на упругом основании в компьютерной среде Mathematica / О. В. Козунова, К. А. Сирош // Теория и практика исследований, проектирования и САПР в строительстве: сб. ст. Междунар. науч.-техн. конф., Брест, 29 окт. 2021 г. – Брест: БрГТУ, 2021.
2. Дьяконов, В. П. Mathematica 5/6/7. Полное руководство / В. П. Дьяконов. – Москва: ДМК, Пресс, 2009. – 624 с.

УДК 621.83.06

## МЕХАНИЗМ РАДИАЛЬНОЙ ФИКСАЦИИ РОЛИКОВ В СФЕРИЧЕСКОЙ РОЛИКОВОЙ ПЕРЕДАЧЕ

Е. С. ЛУСТЕНКОВА

Научный руководитель М. Е. ЛУСТЕНКОВ, д-р техн. наук, проф.  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Геометрическое замыкание высших кинематических пар в сферической роликовой передаче (СРП) с двухрядным сателлитом является односторонним для внутреннего ряда роликов [1]. Испытания СРП показали, что в процессе контакта внутреннего ряда с ведомым кулачком ролики иногда выпадали из отверстий сателлита [2], что приводило к заклиниванию передачи. Разработана конструкция сателлита (рис. 1), позволяющая повысить надежность СРП.

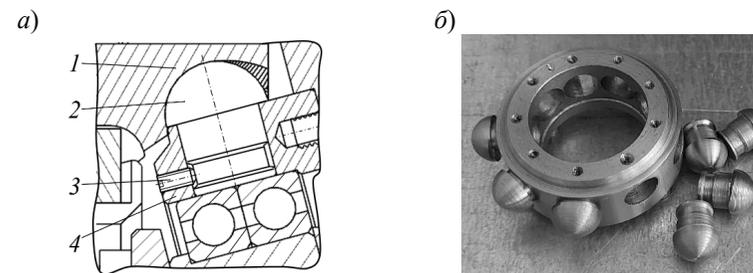


Рис. 1. Механизм фиксации ролика: а – схема; б – детали образца

Регулировочный винт 3, устанавливаемый в сателлит 4, не касается цилиндрической поверхности расточенного пояса ролика 2, взаимодействующего с беговой дорожкой ведомого кулачка 1. При выходе из зацепления выступающая часть винта будет препятствовать перемещению ролика в радиальном направлении, упираясь в конический торец выточки. Установлено, что при частоте вращения ведущего вала  $n_1 = 1000 \dots 3000 \text{ мин}^{-1}$  для передачи с наружным диаметром 80 мм сила инерции, действующая на один ролик, составит  $5 \dots 44 \cdot 10^{-3} \text{ Н}$ , что не влияет на прочность конструкции.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lustenkov, M. E. Load Capacity of Spherical Roller Transmission with Double-Row Pinion / M. E. Lustenkov, E. S. Lustenkova // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – 795 (2020) 012020. – 6 p.
2. Лустенков, М. Е. Сферическая роликовая передача с двухрядным сателлитом: силовые расчеты и определение КПД / М. Е. Лустенков, Е. С. Лустенкова // Вестн. Брян. гос. техн. ун-та. – 2019. – № 5. – С. 32–43.

УДК 621.8

## ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЕРЕДАЧ ЭКСЦЕНТРИКОВОГО ТИПА НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Д. Ю. МАКАЦАРИЯ<sup>1</sup>, П. Н. ГРОМЫКО<sup>2</sup><sup>1</sup>Могилевский институт МВД<sup>2</sup>Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Структурная схема эксцентриковой передачи с прямобочными профилями контактирующих зубьев не отличается от известных передач эксцентрикового типа. Однако следует отметить то, что применение данных профилей в конструкции передачи эксцентрикового типа значительно уменьшают ее габариты в диаметральном размере. При этом детали редуктора технологичны в изготовлении и могут быть выполнены на обычном зуборезном оборудовании.

В основу проектирования эксцентриковых передач заложено использование методов компьютерного моделирования, которые позволяют произвести оптимизацию ее параметров по различным критериям.

В настоящее время созданы компьютерные программы для расчета кинематической погрешности выходного вала, оценки КПД, величины значений контактных давлений в зонах взаимодействий звеньев. Указанные программы позволяют спрогнозировать основные выходные показатели эксцентриковой передачи и произвести сравнительную оценку разрабатываемой передачи с другими видами подобных передач.

Использование методов компьютерного моделирования показало возможность значительного снижения габаритных размеров передачи данного типа при небольшом на 1 %...2 % снижении значения КПД. Таким образом, раскрывается новый резерв в создании компактных передач эксцентрикового типа без существенного ухудшения выходных показателей [1].

После создания эскизного компьютерного проекта разрабатывается рабочий проект, включающий размеры основных деталей передачи. На данном этапе также применяется методика расчета деталей редуктора, в основе которой используются методы компьютерного моделирования. Для того, чтобы уравновесить вращающиеся детали редуктора, пришлось разрабатывать специальную методику для введения двух отдельных балансиров. Для осуществления детализации редуктора необходимо произвести технологическую доработку основных деталей и сборочных единиц редуктора.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Громько, П. Н. Совершенствование механизма передачи движения на выходное звено в эксцентриковых передачах типа К-Н-V / П. Н. Громько, С. Н. Хатетовский, Д. Ю. Макацария // Горная механика и машиностроение. – 2021. – № 2. – С. 27–33.

УДК 621.9

## ПОЛИПРОПИЛЕНОВАЯ ФИБРА ДЛЯ АРМИРОВАНИЯ КЕРАМЗИТОБЕТОНА

М. В. СВИРСКАЯ

Научный руководитель Ю. Г. МОСКАЛЬКОВА, канд. техн. наук, доц.

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Армирование бетона полипропиленовой фиброй существенно снижает деформативность бетона по сравнению с бетоном без фибры. Несмотря на то, что стальная фибра более распространена, применение полимерной фибры имеет ряд преимуществ: у нее низкий собственный вес, высокая коррозионная и химическая стойкость, практически нет склонности к комкованию из-за небольшой длины волокон. В результате использования полипропиленовой фибры значительно возрастает стойкость бетона к ударным нагрузкам и исключается хрупкое разрушение. Особенно эффективно применение полипропиленовой фибры для легких бетонов за счет близких по величине значений модулей упругости.

Были проведены испытания керамзитобетонных и керамзитофибробетонных цилиндров диаметром 150 мм и высотой 300 мм на осевое кратковременное сжатие. Опытным путем было установлено, что образцы бетона в виде цилиндров, в составе которых имелась полипропиленовая фибра, получили значительно меньшие разрушения по сравнению с образцами без армирования (рис. 1).



Рис. 1. Разрушенные опытные цилиндры: из неармированного керамзитобетона (слева) и керамзитофибробетона, армированного полипропиленовой фиброй (справа)

Таким образом, добавление полипропиленовой фибры позволяет снизить деформативность легкого бетона, и на диаграмме деформирования появляется ниспадающая ветвь, т. е. дисперсное армирование позволяет нивелировать основной недостаток керамзитобетона – хрупкое разрушение.

УДК 621.64

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ НОРМ И ТРЕБОВАНИЙ В ОБЛАСТИ  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТОВ  
НЕФТЕПРОДУКТООБЕСПЕЧЕНИЯ

П. С. ОРЛОВСКИЙ

Научный руководитель А. П. БЫЗОВ, канд. техн. наук, доц.  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Причиной чрезвычайных ситуаций являются нарушения требований и несоблюдение условий обеспечения безопасности. Для совершенствования методики оценки риска аварий на опасных производственных объектах нефтепродуктообеспечения в Республике Беларусь необходимо проанализировать нормы проектирования и эксплуатации нефтебаз и нефтехранилищ.

Современные предприятия нефтепродуктообеспечения – сложные комплексы инженерно-технических сооружений, связанные между собой технологическими процессами, обеспечивающими прием, хранение, транспортировку и снабжение потребителей нефтепродуктами. Рациональное расположение сооружений и объектов на территории нефтебазы создает наиболее благоприятные условия, обеспечивающие бесперебойность проведения всех операций, соблюдение санитарно-гигиенических и противопожарных требований [1].

В настоящее время нами разрабатывается система балльно-факторной оценки влияния различных технических и организационных мероприятий на величину риска аварий. В результате анализа норм проектирования и эксплуатации нефтебаз получен перечень факторов (табл. 1), которые будут основой для балльно-факторной оценки и построения дерева отказов.

Табл. 1. Перечень факторов для балльной оценки риска аварий

Группа фактора риска	Степень риска		
	низкая	средняя	высокая
Внешние антропогенные воздействия (степень защищённости)	1	2	3
Коррозия (продолжительность эксплуатации)	1	2	3
Качество производства труб и оборудования (марка стали труб)	1	2	3
Качество строительно-монтажных работ	1	2	3
Конструктивно-технологический фактор (толщина стенок труб)	1	2	3
Природные воздействия	1	2	3
Уровень технической эксплуатации	1	2	3

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Орловский, П. С. Управление техногенным риском на промышленном предприятии / П. С. Орловский, А. П. Бызов // Техногенные системы и экологический риск: тез. докл. IV Междунар. (XVII Региональной) науч. конф. – Обнинск, 2021. – С. 191–193.

УДК 621.83.06

УРАВНЕНИЯ ПРОФИЛЯ КУЛАЧКА ОГРАНИЧИТЕЛЯ СКОРОСТИ ЛИФТА  
С ИНЕРЦИОННЫМ РОЛИКОМ

Я. Н. МЕТЕЛИЦА

Научный руководитель М. Е. ЛУСТЕНКОВ, д-р техн. наук, проф.  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Ограничители скорости лифта с инерционным роликом используются преимущественно в лифтах зарубежных производителей. Они отличаются простотой конструкции и надежностью. Важным элементом конструкции ограничителя является четырехгранный кулачок, по которому обкатывается ролик. Применив аналогию с передачами с промежуточными телами качения плоского типа, были получены параметрические уравнения центрального профиля кулачка

$$x(\varphi) = (R - f(\varphi)) \cdot \cos(\varphi); \quad y(\varphi) = (R - f(\varphi)) \cdot \sin(\varphi), \quad (1)$$

где  $\varphi$  – центральный угол (параметр), изменяющийся от 0 до  $2\pi$ ;  $R$  – радиус средней окружности;  $f(\varphi)$  – уравнение периодической кривой на плоской развертке.

В качестве периодической кривой предлагается использовать синусоиду с амплитудой  $A$  и числом периодов  $Z$  [1, 2], уравнение которой

$$f(\varphi) = A \cdot \sin(Z \cdot \varphi). \quad (2)$$

Для известных конструкций ограничителя  $Z = 4$ . Уравнения (1) и (2) позволяют получить уравнения эквидистантной кривой с учетом радиуса ролика  $r_0$ , которые будут являться параметрическими уравнениями профиля кулачка

$$x_k(\varphi) = x(\varphi) + r_0 \cdot n_x(\varphi); \quad y_k(\varphi) = y(\varphi) + r_0 \cdot n_y(\varphi), \quad (3)$$

где  $n_x(\varphi)$  и  $n_y(\varphi)$  – координаты единичного вектора нормали к кривой.

Анализ данных уравнений позволит проводить кинематический и динамический анализы, а также оптимизацию параметров ограничителя.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лустенков, М. Е. Шариковые планетарные передачи для средств малой механизации // М. Е. Лустенков // Вестн. машиностроения. – 2004. – № 6. – С. 15–17.
2. Лустенков, М. Е. Определение основных геометрических параметров планетарных шариковых передач / М. Е. Лустенков // Сборка в машиностроении и приборостроении. – 2008. – № 1. – С. 12–17.

УДК 621.83.06

### РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ И ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ ДВУХРЯДНОГО САТЕЛЛИТА СФЕРИЧЕСКОЙ РОЛИКОВОЙ ПЕРЕДАЧИ

А. Н. МОИСЕЕНКО

Научный руководитель М. Е. ЛУСТЕНКОВ, д-р техн. наук, проф.  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Испытания экспериментального образца сферической роликовой передачи (СРП) подтвердили полученные кинематические зависимости [1]. Одним из основных элементов СРП является двухрядный сателлит, который был изготовлен методом 3D-печати с зубьями в виде выступов цилиндрической формы, заменяющих ролики (рис. 1, *а*). Для замены скольжения качением и снижения потерь на трение в системе NX разработана параметрическая модель СРП с двухрядным сателлитом (рис. 1, *б*), в которой сателлит представляет сборную конструкцию.

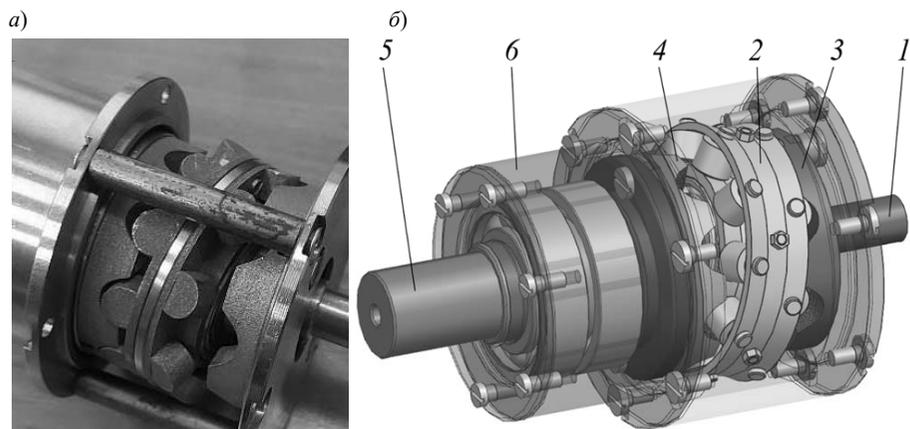


Рис. 1. Сферическая роликовая передача: *а* – экспериментальный образец; *б* – модель с вращающимися роликами; 1 – ведущий вал; 2 – сателлит; 3 – неподвижный кулачок; 4 – ведомый кулачок; 5 – ведомый вал; 6 – корпус

Ролики 6 (рис. 2) установлены на осях 5 в двух рядах. Оси роликов фиксируются в основании 1 и наружном кольце 2 с помощью винтов 7. Основание и верхнее кольцо дополнительно соединяются с помощью болта 3 и гайки 4, обеспечивая таким образом относительную фиксацию деталей, в основном, за счет сил трения. Ввиду ограниченности радиальных размеров передачи (диаметр корпуса 80 мм) и сложности конструкции сателлита, состоящего из большого числа мелких деталей, актуальной является задача обеспечения его прочности.

УДК 621.926

### МЕХАНОАКТИВАЦИЯ КВАРЦЕВОГО ПЕСКА В ВЕРТИКАЛЬНОЙ ВИБРАЦИОННОЙ МЕЛЬНИЦЕ

А. Д. МИХАЛЬКОВ

Научный руководитель В. С. МИХАЛЬКОВ, канд. техн. наук, доц.  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Кварцевый песок является компонентом многих строительных изделий. Для повышения активности песка, его измельчают в мельнице. Это способствует повышению его реакционной способности.

Проведены экспериментальные исследования по измельчению песка в вертикальной вибрационной мельнице, представленной на рис. 1, *а*; изменение амплитуды колебаний (4, 6 и 8 мм) мельницы обеспечивали сменные эксцентрики (рис. 1, *б*), устанавливаемые на приводном валу электродвигателя.

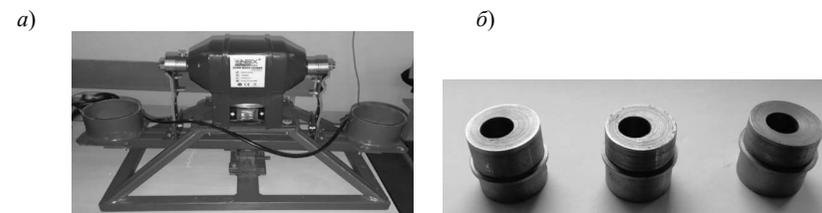


Рис. 1. Вертикальная вибрационная мельница для сверхтонкого помола (*а*) и сменные эксцентрики (*б*), используемые в эксперименте

Результаты эксперимента представлены на рис. 2.

Исходные данные:

размер частиц песка 0,5...1,0 мм;

размер стальных шаров для измельчения 4 мм;

частота вращения вала электродвигателя 1500 об/мин.

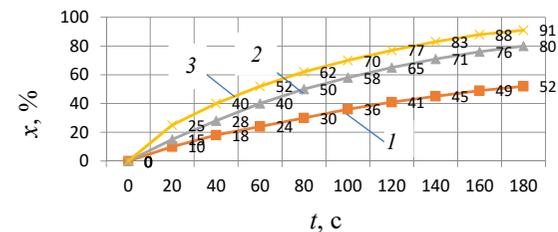


Рис. 2. Количество проходящего измельченного кварцевого песка (%) через сито № 008 за время эксперимента

Наибольшую производительность получили при использовании эксцентриков с амплитудой колебаний 8 мм.

## ВЗАИМОСВЯЗЬ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАПОЛНИТЕЛЯ И ПРОЧНОСТИ ВЫСОКОПРОЧНОГО КЕРАМЗИТОБЕТОНА

И. И. МЕЛЪЯНЦОВА

Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Внедрение в строительную индустрию изделий и конструкций из высокопрочного керамзитобетона является в ряде случаев эффективным, особенно для районов, где отсутствуют либо ограничены месторождения каменных материалов. Долгое время существовало мнение, что легкие бетоны могут быть получены со сравнительно низкой прочностью и использоваться лишь для производства ограждающих конструкций и теплоизоляционных материалов. Факторами, определяющими прочность легкого бетона из керамзитового гравия, являются вид и содержание гравия в объемной массе бетона, а также прочность растворной матрицы вне зависимости от факторов, за счет которых она достигнута. При этом величина предельной прочности керамзитобетона во многом определяется прочностными свойствами керамзитового гравия.

Экспериментальные исследования позволили получить различные значения характеристической прочности керамзитобетона на осевое сжатие  $f_{ck}$  в возрасте 28 сут. Так, при использовании керамзитового гравия с относительной прочностью в цилиндре 1,86 МПа  $f_{ick} = 9,89$  МПа; при использовании керамзита щебнеподобного с прочностью в цилиндре 3,29 МПа  $f_{ick} = 28,99$  МПа. Получаемые данные подтверждают предположение о наличии линейной зависимости между прочностью самого керамзитового гравия и прочностью керамзитобетона.

Особое значение имеет однородность заполнителей не только по прочности, но и по объемной массе. Для удачного сочетания прочности и деформативности керамзитового гравия в высокопрочных легких бетонах для несущих конструкций необходимо создать такую структуру зерна заполнителя, которая способствовала бы значительному увеличению показателей физико-механических характеристик керамзитового гравия. Свойства керамзитовых зерен определяются их формой, крупностью и уровнем влажности. Для высокопрочных бетонов должны предъявляться повышенные требования к керамзиту по количеству разрушенных зерен и целостности верхней оболочки гранулы, в случае нарушения которой значительно уменьшается прочность, морозостойкость и наблюдается рост водопоглощения.

Влияние прочности керамзита на прочность легкого бетона значительно снижает зависимость прочности керамзитобетона от таких факторов, как активность цемента и водоцементное отношение.

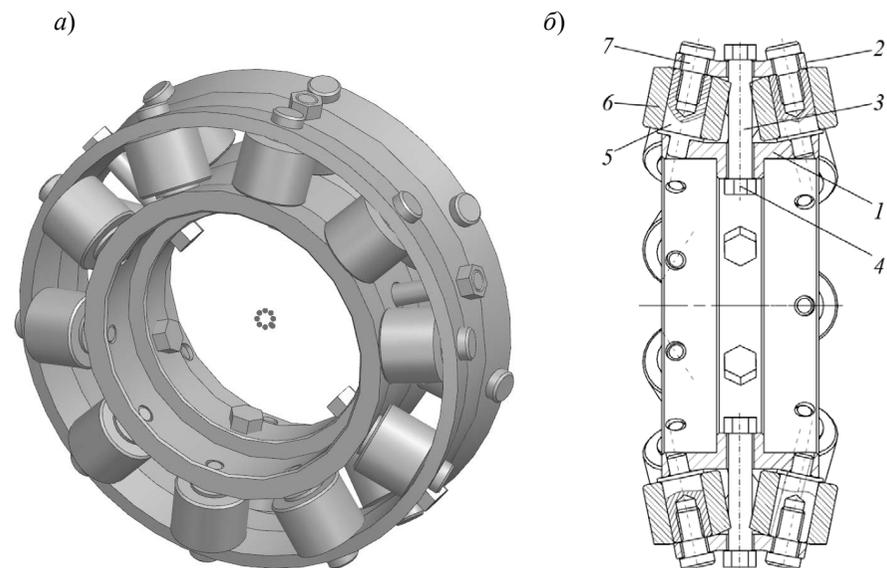


Рис. 2. Сборный спутник СРП: *a* – модель; *б* – конструктивная схема; 1 – основание; 2 – наружное кольцо; 3 – несущий болт; 4 – гайка; 5 – стержень; 6 – ролики; 7 – стержневой винт

Критериями прочности спутника будут прочность на срез стержня ролика, т. к. он устанавливается в ячейку с зазором по высоте, и прочность на растяжение стержневых винтов. Вторым критерий будет определяющим. Получена зависимость для определения минимального внутреннего диаметра стержневых болтов:

$$d_1 = 0,91 \cdot \sqrt{\frac{K_3 \cdot N_{\max}}{[\sigma] \cdot n \cdot f}},$$

где  $N_{\max}$  – максимальная нормальная сила, действующая на ролик (определяется в ходе силового анализа СРП [2]);  $n$  – число стержневых болтов (в рассматриваемой конструкции их шесть);  $K_3$  – коэффициент затяжки;  $f$  – коэффициент трения;  $[\sigma]$  – допускаемые напряжения для материала болта.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лустенков, М. Е. Теоретические и экспериментальные исследования сферических роликовых передач / М. Е. Лустенков, Е. С. Лустенкова // Вестн. Ижев. гос. техн. ун-та. – 2017. – Т. 20, № 1. – С. 23–27.
2. Лустенков, М. Е. Сферическая роликовая передача с двухрядным спутником: силовые расчеты и определение КПД / М. Е. Лустенков, Е. С. Лустенкова // Вестн. Брян. гос. техн. ун-та. – 2019. – № 5. – С. 32–43.

УДК 629.17

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ РАСЧЕТА ХАРАКТЕРИСТИК ВИХРЕВОЙ ТРУБЫ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

И. А. ПОТАПОВ, А. В. КОСИЦЫН  
Военная академия Республики Беларусь  
Минск, Беларусь

Целью работы является определение возможности использования систем автоматизированного проектирования (далее – САПР) для изучения эффекта энергетического разделения газа или эффекта Ранка-Хилша в вихревой трубе (далее – ВТ), применяемой в системе термостабилизации съемного оборудования воздушных судов.

Отсутствие единой теории, описывающей природу возникновения эффекта Ранка-Хилша, затрудняет аналитическое и численное исследование ВТ. Имеющиеся на сегодняшний день эмпирические закономерности были получены опытным путем и справедливы лишь в узких пределах соотношения давлений, расхода газа, конструкций и масштаба устройств. Поэтому при проектировании и расчете ВТ в САПР для получения достоверных результатов необходимо применять специфические настройки решателя.

В целях определения достоверности расчёта характеристик ВТ в САПР проведено сравнение результатов натурного эксперимента с численным решением. Для проведения эксперимента по заданным геометрическим параметрам ВТ изготовлена установка, работа которой смоделирована в SolidWorks Flow Simulation.

Полученные зависимости температуры холодного  $t_x$  и горячего  $t_r$  воздуха от давления  $p_1$  при температуре  $t_1$  на входе в ВТ экспериментальным путем и численным методом представлены на рис. 1.

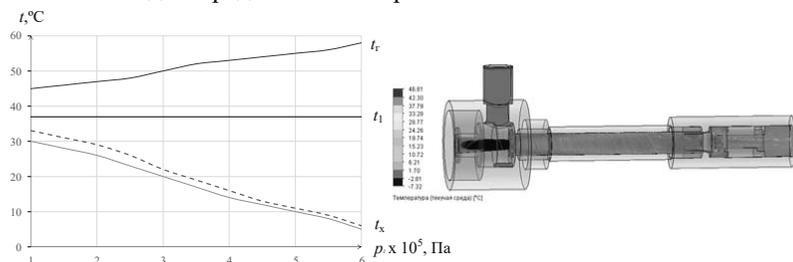


Рис. 1. Зависимость  $t_x$  и  $t_r$  от  $p_1$  экспериментальной ВТ

Из графиков видно, что экспериментальные исследования подтверждают результаты расчетов. Расхождение значений численного эксперимента и расчета можно считать приемлемым, а применение в САПР определенных настроек решателя и сетки приближает расчетные значения к экспериментальным (хотя значительно увеличивает время расчета).

УДК 69.059.2:726.54

### ИННОВАЦИОННЫЕ СПОСОБЫ СОХРАНЕНИЯ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Д. О. ЛУЗЯНИН  
Научный руководитель И. С. КАЗАКОВА, канд. техн. наук, доц.  
Вологодский государственный университет  
Вологда, Россия

В России имеется много зданий старой постройки, которые являются объектами культурного наследия. Их несущие конструкции со временем теряют прочностные характеристики, что приводит к их разрушению.

Цель исследования: выявление современных материалов и технологий для сохранения объектов культурного наследия Вологодской области.

Специалисты зачастую пользуются устоявшимися традиционными методами реставрации и не используют новейшие достижения в науке в силу разных обстоятельств. Однако их применение могло бы ускорить процесс консервации объектов и проведения реставрации с осуществлением ремонтно-восстановительных работ, что повысило бы долговечность укрепленных конструкций.

Большой потенциал применения имеет углепластик. Углеволокно весит в 10 раз меньше стали, не изменяет линейные размеры при изменениях температуры, обладает коррозионной стойкостью.

Технология укрепления проста и представляет собой наклеивание слоев углеволокна на поврежденные элементы при помощи эпоксидного клея. Используются углеволоконные ламели, ленты, холсты.

К рассмотрению предлагается несколько объектов в Вологодской области, на которых можно использовать данную технологию:

- церковь Николая Чудотворца «Золотые кресты» в городе Вологде. На северном фасаде на углу трапезной имеется вертикальная трещина с раскрытием 10 см;
- церковь Вознесения Господня в Спасо-Евфимьевом монастыре Сямженского района. На апсиде от фундамента тянется вверх нитевидная трещина длиной 2,5 м.

Размещение холста углеволокна в зоне повреждения поможет замедлить дальнейшее разрушение. Приведенный метод полностью не устранит причину и последствия деформации конструкции. Вертикальные трещины в стенах возникают из-за проблем с фундаментами и грунтами. Это требует комплексного подхода к усилению конструкций.

Использование композитных материалов при проведении противоаварийных и реставрационных работ может замедлить процесс разрушения памятника архитектуры, поэтому данный вид работ по сохранению может быть крайне востребован в реставрационной практике.

УДК 624.073.2

ПЛОСКАЯ ДЕФОРМАЦИЯ ФУНДАМЕНТНОЙ ПЛИТЫ  
ПРИ УСЛОВИИ ОГРАНИЧЕНИЙ ЕЁ ОСАДОК

Ю. Н. КОТОВ

Научный руководитель С. В. БОСАКОВ, д-р техн. наук, проф.  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Статический расчёт балочной плиты на упругом основании способом Б. Н. Жемочкина при условии ограничений на некоторые перемещения плиты является одной из задач, возникающих, например, при расчете многоэтажного здания на плитном фундаменте, когда точки фундаментной плиты в местах стыка вертикальных стен и диафрагм жесткости должны находиться в одной плоскости. То же самое относится к точкам базы металлической колонны на контакте сечения колонны и базы.

В качестве примера рассмотрен случай плоской деформации ленточного фундамента, когда три точки фундаментной плиты находятся на одной прямой (рис. 1). Длина и ширина плиты соответственно  $l = 15$  м;  $b = 1$  м; толщина плиты и упругие постоянные бетона  $H = 0,2$  м;  $\nu_c = 0,17$ ;  $E_c = 2,9 \cdot 10^4$  МПа; упругое основание – упругий слой  $h = 5$  м;  $E_0 = 3 \cdot 10^7$  Па;  $\nu_0 = 0,35$ . Также принято, что равнодействующая внешних сил равна 1 и проходит через середину плиты. Количество участков Б. Н. Жемочкина принято равным 15. Силы  $P_1, P_2, P_3$  неизвестны и вызывают одинаковые перемещения соответствующих точек плиты.

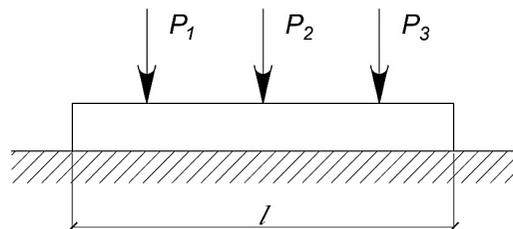


Рис. 1. Балочная плита на упругом основании

Для решения задачи были составлены канонические уравнения способа Б. Н. Жемочкина и к ним добавлены уравнения нахождения ряда точек на одной прямой.

Все расчеты выполнялись в программном комплексе *Wolfram Mathematica 12.2*.

Предлагаемая методика может быть использована для разных моделей упругого основания и произвольном числе точек, лежащих на одной прямой. Полученные результаты могут найти применение, в частности, при расчете ленточных фундаментов.

УДК 621.833.51

СИЛОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАНЕТАРНОГО ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО  
МЕХАНИЗМА КОНВЕЙЕРА ПРЕРЫВИСТОГО ДВИЖЕНИЯ

А. А. ПРИХОДЬКО

Кубанский государственный технологический университет  
Краснодар, Россия

Транспортные конструкции, состоящие из конвейеров и их систем, широко применяются в различных отраслях современной промышленности. Конструирование привода конвейера в настоящее время является достаточно известной и широко исследованной задачей, особенно в том частном случае, если лента конвейера движется с постоянной скоростью. Однако на многих технологических линиях требуется остановка конвейерной ленты для проведения различных операций над продуктом, и эта задача может быть решена использованием механических приводов прерывистого движения.

Целью настоящей работы является силовое исследование планетарного механизма прерывистого движения с эллиптическими зубчатыми колесами, работающего в составе привода конвейера, конструкция и массогабаритные характеристики которого подробно представлены в [1]. В результате анализа получены функции сил реакций в кинематических парах механизма от угла поворота входного вала (рис. 1).

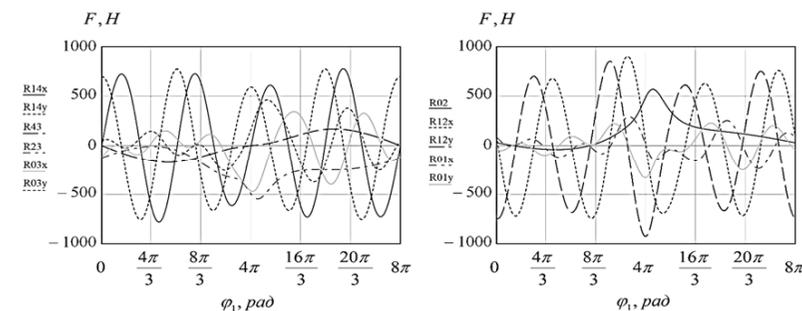


Рис. 1. Графики функций сил реакций в кинематических парах

Также определена функция уравновешивающего момента на входном валу механизма. Полученные результаты силового анализа могут быть использованы при дальнейшем конструировании исполнительного механизма и расчете его деталей на прочность.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Prihodko, A. A. Dynamic analysis of intermittent-motion conveyor actuator / A. A. Prihodko // *Actuators*. – 2021. – Т. 10, № 8. – Р. 1–12.

ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ КАК МЕТОД  
КИНЕМАТИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНИЗМОВ

Т. С. РАБИЧЕВА

Научный руководитель Ю. И. БРОВКИНА, канд. техн. наук, доц.  
Московский политехнический университет  
Москва, Россия

Существует несколько методов кинематического анализа механизмов. Наиболее наглядным и удобным считается граф аналитический. Однако возможность узнать результаты лишь для данного положения механизма является недостатком этого метода. Поэтому мы разработали методику параметрического моделирования с использованием программного комплекса T-FLEX CAD, в которой задав условия изменения направления и воспользовавшись функцией анимации мы можем увидеть результаты полного оборота кривошипа с заданным ходом (рис. 1).

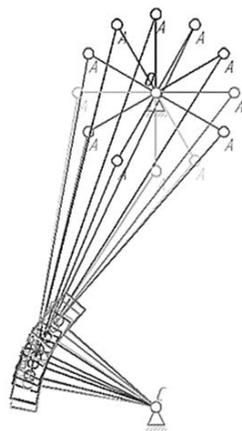


Рис. 1. Результат выполнения анимации кинематического анализа

**Вывод:** такой вариант кинематического анализа позволяет быстро выявить положения механизма, в которых влияние инерционных сил наиболее сильно, а также корректируя значения длин можно свести к минимуму их влияние на работу механизма.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теория механизмов и машин: в примерах и задачах: учебное пособие / Ю. И. Бровка [и др.]. – Москва: КУРС, 2019. – 228 с.
2. Теория механизмов и машин: лабораторный практикум / А. Н. Соболев [и др.]. – Москва: КУРС; ИНФРА-М, 2016. – 160 с.

СТАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СЕРИЙНЫХ ПЛИТ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ  
МЕТОДОМ Б. Н. ЖЕМОЧКИНА

В. А. ДУДОРГА

Научный руководитель О. В. КОЗУНОВА, канд. техн. наук, доц.  
Белорусский государственный университет транспорта  
Гомель, Беларусь

Методика статического расчета серийных плит дорожного покрытия на упругом основании методами теории упругости и строительной механики не исследована в полной мере. В данной работе предложено выполнять расчет шарнирно-соединенных дорожных плит на произвольном упругом основании методом Б. Н. Жемочкина, суть которого заключается в том, что непрерывный контакт плиты с упругим основанием заменяется дискретным опиранием этой плиты на основание через абсолютно жесткие стержни, проставленные в центрах участков разбиения плиты, которые в дальнейшем называются участками Жемочкина. В центре каждой плиты вводятся защемления с неизвестными угловыми и линейным перемещениями. Полученная таким образом пространственная стержневая система с защемленной нормалью в центре каждой дорожной плиты решается смешанным методом строительной механики, включающим неизвестные метода сил и метода перемещений.

В результате статического расчета на симметричную нагрузку определяются параметры НДС плит дорожного покрытия на произвольном упругом основании, осадки основания и распределение контактных напряжений под ними, поперечные силы в соединительных шарнирах. Для расчета принимается слоистое основание в виде комбинации основания Винклера (щебень), расположенного на двухслойном основании Когана (песок и естественный грунт). Коэффициент постели верхнего слоя рассчитывается как коэффициент постели по Винклеру.

В работе рассматривается система из  $N_p$  серийных дорожных плит 1ПП30.18-30 F250 W4 прямоугольного очертания, шарнирно-соединенных в двух точках, на трехслойном основании под действием внешней нагрузки. Крайние плиты приняты с шарнирным опиранием с одной стороны на неподвижное основание. Структура системы разрешающих уравнений для плит имеет диагональный вид.

В результате статического расчета определены осадки шарнирно-соединенного дорожного покрытия из серийных плит на трехслойном основании и распределение контактных напряжений под ними при симметричном нагружении плит. Кроме того, в цилиндрических шарнирах дорожных покрытий можно определить поперечные силы и запроектировать эти узловое соединения.

УДК 69.059.7

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ДЕТСКИХ САДОВ

А. А. ГУСЕВА

Научный руководитель И. С. КАЗАКОВА, канд. техн. наук, доц.  
Вологодский государственный университет  
Вологда, Россия

В настоящее время строительство современных детских садов осуществляется по новым нормативным документам. Все они проектируются с устройством бассейна, что дает возможность обучать детей плаванию, проводить оздоровительные процедуры в них для укрепления здоровья детей. Однако очень много детских садов старой постройки не имеют бассейнов, что лишает детей, особенно со слабым иммунитетом, проведения оздоровительных занятий.

Цель исследования: проектирование бассейнов при реконструкции детских садов с использованием инновационных технологий и материалов.

Для бассейнов предлагается использование строительной системы Velox. Она представляет технологию монолитного строительства, где стены и перекрытия бетонируются в опалубке, изготовленной из щепоцементных плит, которая после бетонирования остается и является частью конструкции стены или перекрытия. Щепоцементные плиты являются экологически чистым, не токсичным материалом, и допускаются в строительстве и реконструкции детских садов. Предел огнестойкости конструкции внутренних и наружных стен REI 150, перекрытий REI 60. Класс пожарной опасности стен K0. Использование этой технологии позволяет сократить стоимость реконструкции детских садов до 17 %...30 % и выполнить пристройку бассейна в укороченные сроки по сравнению с другими технологиями.

В работе установлена возможность бетонирования стен зданий бассейна из монолитного железобетона в несъемной опалубке из щепоцементных плит Velox при более низких температурах наружного воздуха, а также в уменьшении теплопотерь на этапе эксплуатации в дальнейшем. Проведенные исследования показали, что при использовании в Вологодской области несъемной опалубки из щепоцементных плит Velox и утеплителя, входящего в ее состав, можно выполнять бетонные работы при температуре наружного воздуха до  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  без затрат на дополнительное утепление опалубки.

В результате проведенных исследований можно сделать вывод, что строительная система Velox является одной из лучших инновационных технологий, которые можно использовать при реконструкции детских садов благодаря ее экономичности и экологичности. Строительство монолитных зданий с использованием несъемной опалубки из щепоцементных плит Velox для Вологодской области эффективно на основных этапах жизненного цикла здания: проектировании реконструкции, строительстве и эксплуатации.

УДК 621.83.061.1

## ВОЗМОЖНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ ПЕРЕДАЧИ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМИ ТЕЛАМИ КАЧЕНИЯ В ПРИВОД ГЛАВНОГО ДВИЖЕНИЯ

К. В. СТРЫГИН

Научный руководитель Е. А. ЕФРЕМЕНКОВ, канд. техн. наук  
Томский политехнический университет  
Томск, Россия

Сегодня в производстве высокотехнологического оборудования доля импортной продукции остается на высоком уровне и это не снимает вопроса об импортозамещении в отечественном производстве, что вызывает необходимость продолжать собственные разработки узлов и высокотехнологического оборудования, способного конкурировать с зарубежными аналогами в своей стране и на мировом рынке.

Одной из высокотехнологичных отраслей является станкостроение и здесь встречается различное оборудование, в приводах которого используются импортные узлы. Например, в приводах главного движения токарных станков с числовым программным управлением (ЧПУ), изготавливаемых на российских предприятиях, реализуется схема работы шпиндельного узла – «двигатель-редуктор-шпиндель». Редуктор в данных узлах устанавливается с двумя и более ступенями переключения скоростей и выполнен в виде планетарной передачи с эвольвентным зацеплением. Использование планетарной передачи позволяет передавать вращение от входного вала редуктора к выходному, – шпинделю, по одной оси, совпадающей с осью всего узла.

В настоящее время для высокоточных механизмов, испытывающих высокие нагрузки, целесообразно использовать передачи с циклоидальным зацеплением, т. к. они позволяют повысить нагрузочную способность всего механизма при сохранении точности перемещения выходного звена и высоких технических характеристик всей передачи. Поэтому, при импортозамещении механизмов узлов токарных станков и другого отечественного оборудования целесообразно использовать планетарные редукторы с циклоидальным зацеплением и промежуточными телами качения.

Проектируя планетарный циклоидальный редуктор с промежуточными телами качения (ПТК) для привода главного движения токарного станка, следует обратить внимание на необходимость решения ряда задач: низкая остаточная неуравновешенность передачи; высокая интенсивность охлаждения; обеспечение возможности механического переключения скорости передачи. При этом неуравновешенность звеньев передачи следует устранить на этапе проектирования механизма.

Таким образом, высокая нагрузочная способность, плавность хода, малые габаритные размеры циклоидального редуктора с ПТК позволят создавать конкурентоспособные механизмы, имеющие более высокие эксплуатационные характеристики, чем у зарубежных конкурентов, и уйти от применения импортной продукции.

В. А. ТРОЙНИЧ<sup>1</sup>Научный руководитель В. Я. ПРУШАК<sup>2</sup>, д-р техн. наук, проф.<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

<sup>2</sup>ЗАО «Солигорский Институт проблем ресурсосбережения  
с Опытным производством»

Солигорск, Беларусь

При выборе горных машин необходимо учитывать их физико-технические параметры. Для обоснования и выбора параметров горных машин применяются показатели, которые характеризуют одновременно как разрушаемость пород, так и параметры инструмента или механизма соответствующего рабочего процесса.

Важным параметром для всех горных машин являются удельные затраты энергии на единицу выполненной работы. Рабочие процессы горных машин основаны на принципе деления отрывом от массива породы единичных элементов и поддержания массива. Отличительной особенностью определения физико-механических параметров пород по параметрам их разрушения является то, что размеры испытуемых образцов заранее не задаются, а замеряют их часть, которая отделилась от массива в процессе разрушения отрывом.

Получены такие параметры как: размеры отделяемого единичного элемента, предел прочности породы на растяжение, контактная прочность породы, энергоёмкость породы.

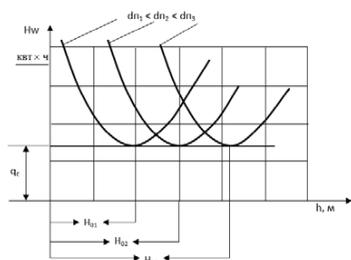


Рис. 1. Зависимость удельных энергозатрат на разрушение горных пород отрывом от высоты отрыва

для выбора параметров различных по своему функциональному назначению горных машин.

Представлен график зависимости (рис. 1) удельных энергозатрат на разрушение горных пород отрывом от высоты отрыва и схема определения оптимальных параметров разрушения горных пород резцовым инструментом, присутствует расчет шага и глубины резания.

Из графика зависимости можно сделать вывод, что собственная энергоёмкость породы пропорциональна квадрату предела прочности на растяжение.

Разработанные на базе системного подхода физико-технические основы позволяют выявить единую общую основу

А. М. ГОЛУШКОВ

Научные руководители: Р. П. СЕМЕНЮК;

Т. С. ЛАТУН

Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Резиновые покрытия, изготовленные из крошки, полученной в результате переработки старых резиновых покрышек, нашли широкое применение при обустройстве дворовых и спортивных площадок на улице. При отрицательных температурах показатель эластичности резины снижается, что связано со снижением подвижности полимерных цепей. По мере снижения температуры повышается хрупкость резины и всего покрытия в целом. Одним из важнейших показателей качества резиновых покрытий является ударопрочность при отрицательных температурах. Такого эффекта можно достичь армированием клеевой прослойки.

Было использовано два состава для изготовления резинового покрытия двух типов, содержащие резиновую крошку и полиуретановый клей, во второй состав была добавлена полипропиленовая фибра. Из этих составов были изготовлены образцы. Полученные образцы охладились до температуры  $-20^{\circ}\text{C}$ , после чего подвергались испытаниям на удар на специальной установке падающим грузом массой 1 кг. При этом фиксировалось максимальное значение высоты падающего груза, не вызывающее разрушение образца. Для образцов, содержащих полипропиленовую фибру, максимальное значение высоты составило 31 см. Аналогичные образцы, изготовленные из состава, не содержащего фибру, обеспечивали значение максимальной высоты 18 см. Таким образом, энергия, затрачиваемая на разрушение образца, за счет введения полипропиленовой фибры увеличилась в 1,72 раза.

При добавлении в состав резинового покрытия полипропиленовой фибры в количестве 8,5 %...9 % от массы резиновой крошки возрастает количество связующего компонента, однако это приводит к увеличению ударопрочности готового покрытия при низких температурах. Увеличение количества связующего компонента, который обладает большей эластичностью, чем резиновая крошка, положительно сказывается не только на характеристиках готового покрытия, но и на технологии укладки, т. к. такая смесь более подвижна, а значит более технологична.

Повышение ударопрочности достигается за счет армирования клеевой прослойки и повышения ее когезионной прочности.

УДК 69.003.13

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ФУНДАМЕНТОВ  
В МАЛОЭТАЖНОМ ДОМОСТРОЕНИИ В БЕЛАРУСИ

В. П. АТРАШЕНКО, О. М. ЛОБИКОВА

Научный руководитель С. Д. ГАЛЮЖИН, канд. техн. наук, доц.  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Цель данной работы – выбор конструктивного решения фундамента малоэтажного жилого дома с учетом повышенных требований энерго-сбережения. Рассмотрены преимущества и недостатки энергоэффективных фундаментов применительно к условиям строительства в Республике Беларусь. Результаты расчета показателей эффективности конструктивных решений фундаментов представлены в табл. 1.

Табл. 1. Показатели конструктивных решений фундаментов

Показатель	Традиционный плитный фундамент	УФФ	УШП
Стоимость, р. на 1 м <sup>2</sup>	70,00	290,00	180,00
Расход бетона, м <sup>3</sup>	0,5	0,3	2
Объем земляных работ, м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup>	1,3	0,3	0,1
Трудоёмкость, чел.-ч/м <sup>2</sup>	1287,37	933,34	762,12

К положительным характеристикам конструкции УФФ (утепленного финского фундамента) можно отнести пригодность к строительству на ландшафтах с уклоном, который компенсируют за счет цоколя; возможность устройства на проблемных нестабильных грунтах и на грунтах с высоким уровнем грунтовых вод; возможность сооружения плиты пола после строительства коробки здания; высокую энергоэффективность конструкции; возможность демонтажа участка пола без потери устойчивости здания; возможность возведения высокого цоколя. К недостаткам данного типа фундамента можно отнести отсутствие у цоколя наружного контура утепления, большой объем земляных работ.

К достоинствам конструкции УШП (утепленной шведской плиты) относят его высокую энергоэффективность; возможность быстрой установки; отсутствие зазоров, благодаря чему упрощается укладка финишного покрытия; возможность установки данной конструкции на различных типах грунта. К недостаткам УШП относят его сложность в установке; отсутствие возможности ремонта проложенных в толще плиты коммуникаций; невозможность строительства подвала.

С учетом комплекса факторов наиболее целесообразным вариантом конструкции принято устройство УШП. Стоимость работ составила 180 белорус. р. на 1 м<sup>2</sup>.

УДК 62-231

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИВОДОВ МЕХАТРОННЫХ УСТРОЙСТВ  
НА БАЗЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ 4R МЕХАНИЗМОВ

Ф. Ф. ХАБИБУЛЛИН, А. А. ДИХТЯРЕНКО

Казанский национальный исследовательский технический университет  
им. А. Н. Туполева-КАИ  
Казань, Россия

При проектировании приводов мехатронных устройств были исследованы множество плоских и пространственных многозвенных механизмов. Одним из механизмов, позволяющим передавать вращательное движение в пространстве с минимальными потерями, является пространственный 4R механизм с вращательными парами. По формуле П. О. Сомова – А. П. Малышева подвижность данного механизма равна  $-2$ , т. е. теоретически звенья данного механизма не должны проворачиваться и механизм должен быть не работоспособен. Однако исследования показали, что при соблюдении определенных условий механизм может быть работоспособен и успешно использоваться в узлах машин и механизмов. На рис. 1 представлены разработанные лабораторные модели модификаций 4R механизмов.



Рис. 1. Лабораторные модели модификаций 4R механизмов

В процессе исследований было определено, что данный механизм можно использовать для преобразования вида движения от ведущего звена к ведомому и для повышения или понижения количества оборотов за счет определенных соотношений длин звеньев механизма. Так, если  $i^{cp} = 0$ , то выходное звено механизма будет коромыслом, если  $i^{cp} = 1$  – кривошипом, если  $i^{cp} = 2$  – кривошипом, делающим два оборота за один оборот входного. При этом угловая скорость выходного звена определяется по формуле

$$\omega_3 = \frac{c}{a - b \cos \varphi} \omega_1, \quad (1)$$

где  $a = 1 - \cos \alpha_1 \cos \alpha_2$ ,  $b = \sin \alpha_1 \sin \alpha_2$ ,  $c = \cos \alpha_2 - \cos \alpha_1$ .

На основании исследований геометрии, кинематики модификаций 4R механизмов и анализа формулы (1) было определено, что данный механизм перспективно использовать в приводах дробильных и измельчительных устройств с целью повышения производительности. На базе результатов данных исследований был разработан промышленный дезинтегратор и начато производство промышленных устройств на базе малого инновационного предприятия КНИТУ-КАИ – ООО МПП МЕХАТРОНИК.

УДК 669.018

ПОВЫШЕНИЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ НАСОСОВ «РУЧЕЕК»  
ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Е. А. БЕШЕВА, А. В. МИТКЕВИЧ

Научный руководитель К. А. ТОКМЕНИНОВ, канд. техн. наук, доц.  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Интенсивно растут объемы китайской продукции, и наблюдается высокий моральный и физический износ оборудования на отечественном рынке. Именно поэтому стоит вопрос перевода производства ряда видов продукции на новые технологии с использованием новых отечественных материалов.

Одним из направлений снижения себестоимости насоса «Ручеек» на ОАО «Ольса» и повышения его конкурентоспособности является замена литейного алюминиевого сплава на более дешевый современный материал. На предприятии была опробована технология получения крышки из пластика в термопласт-автомате. Однако последующие испытания показали, что прочность нового материала крышки является недостаточной и ресурс насоса весьма мал. Встала задача замены алюминиевого сплава на прочный и более дешевый полимерный материал. В настоящее время такими материалами являются полимерные композиционные материалы, в частности, стеклопластики.

Проведена исследовательская работа по возможной технологии изготовления крышек насосов из стеклопластиков. Наиболее подходящим для ОАО «Ольса» является изготовление крышки из стеклопластика, состоящего из рубленого стекловолокна и эпоксидной матрицы. Оптимальным соотношением армирующей основы и матрицы является 70 % к 30 % соответственно. Предполагается освоить технологию получения крышек из стеклопластика методом вакуумного прессования. Был определен оптимальный размер длины рубленого волокна исходя из равнопрочности материала на разрыв волокна и его сдвиг в матрице (выдергивание волокна). Он составит около 30 мм.

Волокно готово поставлять ОАО «Полоцк-Стекловолокно». Эпоксидное связующее в Беларуси выпускает Белнефтехим. Таким образом, все исходные компоненты материала крышки будут отечественного производства. Следует отметить, что стоимость стеклопластика примерно на 20 %...30 % ниже, чем стоимость алюминия. Кроме того, процесс изготовления крышки из стекловолокна требует меньше энергетических затрат по сравнению с методом литья в кокиль из алюминия.

Для производства крышек из стеклопластиков по указанной технологии потребуются закупить оборудование для вакуумного прессования. Объем производства насосов на ОАО «Ольса» составляет более 500 тыс. шт. в год. Для заданного объема с учетом экономического эффекта от замены литья из алюминия на прессование стеклопластиком срок окупаемости не превысит 3–4 года. Это делает указанный проект экономически эффективным. На предприятии ОАО «Ольса» начаты предварительные работы с участием представителей Белоусско-Российского университета.

УДК 624.072.14

ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ  
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ МНОГОПУСТОТНЫХ ПЛИТ ПОКРЫТИЯ

В. А. АЛЕКСАНДРОВ, А. А. ШИЛО

Научный руководитель С. В. ДАНИЛОВ, канд. техн. наук  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

В связи с часто возникающей необходимостью проведения работ по восстановлению и усилению многопустотных плит покрытия, необходимо структурировать возможные решения по фактору оптимизации стоимости и трудоемкости.

Для многопустотных железобетонных плит используются разные методы, обладающие определенными достоинствами и недостатками. Первый и наиболее часто используемый метод заключается в усилении нормальных сечений подводкой металлических балок снизу. Положительными качествами данного решения являются малая трудоемкость и высокая надежность. Также при выполнении работ не нарушается целостность конструкции. К отрицательным качествам данного метода можно отнести высокую металлоемкость и ограничивающие факторы. Например, применить подобное усиление можно только для плит, опирающихся на стены. Кроме того нарушается эстетика нижележащих помещений.

Второй часто применяемый метод заключается в замоноличивании в пустотах дополнительных арматурных каркасов. К достоинствам можно отнести сохранение размеров и внешнего вида плиты и сокращение металлоемкости относительно первого способа. К недостаткам относится высокая трудоемкость работ и увеличение собственного веса плиты.

Третий (менее распространенный метод) подразумевает установку дополнительных арматурных стержней на полимеррастворе в пазах, устраиваемых между пустотами. Важными плюсами являются: сохранение всех габаритов конструкции, малая металлоемкость, возможность усиления в определенных зонах. Минусы у данного комплекса мер также существенны. К ним относятся: высокая трудоемкость подготовительных работ, значительная стоимость полимерраствора, недостаточная анкеровка дополнительного стержня. Также данный метод неосуществим в большинстве плит с большим пролетом.

Четвертый, перспективный метод заключается в усилении внешним армированием композитными материалами (фиброармированными пластиками). Основными достоинствами этого метода являются незначительное увеличение габаритов, сохранение целостности, простота производства работ. В качестве главного ограничивающего фактора можно назвать высокую стоимость материалов.

Конечный выбор технического решения заключается в поиске оптимального метода усиления исходя из достоинств и недостатков каждого из рассмотренных вариантов в условиях конкретного объекта.

УДК 629.113

СИСТЕМЫ АКТИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ, АДАПТИВНЫЕ  
К КОНСТРУКЦИИ ДОРОЖНОГО МОТОЦИКЛА «МИНСК»

А. В. ЮШКЕВИЧ, М. Л. ПЕТРЕНКО, А. С. МЕЛЬНИКОВ

Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Для повышения устойчивости и безопасности движения при торможении и ускорении в мотоциклы активно внедряются системы активной безопасности (САБ), такие как антиблокировочная (АБС), противобуксовочная (ПБС) системы. Практически все алгоритмы управления АБС и ПБС в качестве источников первичной информации используют кинематические параметры вращения колес, т. е. косвенно определяют и анализируют силы в контакте колес с опорной поверхностью. Следовательно, для создания более совершенных САБ необходимо использовать более информативные источники первичной информации, путем прямого измерения сил взаимодействия колес с дорогой и их последующего анализа.

Нашей задачей было создание ПБС и АБС, отличающихся низкой стоимостью, высокой эффективностью, адаптивных к конструкции мотоцикла «Минск» и к условиям сцепления колес с дорогой.

Для решения поставленной задачи, направленной на повышение безопасности, управляемости и устойчивости движения мотоцикла, были разработаны стендовые макеты ПБС и АБС, которые функционируют на основе алгоритма управления от величины, фактически реализуемого тягового и тормозного момента, соответственно, на колесе в пятне контакта с опорной поверхностью. При этом ПБС представляет собой систему управления с самоадаптацией к характеристикам опорной поверхности колеса и моментам, передаваемым к ведущему колесу от двигателя. АБС включает в себя гармонический осциллятор для возбуждения автоколебаний сил в контакте тормозящих колес с опорной поверхностью с целью повышения диссипации кинетической энергии мотоцикла и сохранения среднего максимального значения коэффициента сцепления колеса в его боковом направлении.

Разработанные макеты САБ в перспективе могут заменить существующие САБ, которые функционируют на кинематических источниках информации.

УДК 666.29

ТЕРМОАКТИВАЦИЯ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ БЕЛИЗНЫ  
СИЛИКАТНОЙ ЭМАЛИ

В. Ю. БОРОВОЙ

Научный руководитель О. В. КАЗЬМИНА, д-р техн. наук, проф.  
Томский политехнический университет  
Томск, Россия

Силикатная эмаль представляет собой легкоплавкое стекло (фритта), которое наносят на металлические изделия и обжигают при температуре от 500 °С до 900 °С в зависимости от состава. Данный вид эмали широко используется для защиты металлов от коррозии, разрушения различными реагентами и образования окалины при нагревании [1]. Наряду с функциональными свойствами эмалевое покрытие придает изделию декоративные свойства, такие как блеск, цвет, гладкость и белизна.

Цель работы – установить влияние предварительной термоактивации фритты на степень глушения эмали и, соответственно, белизну эмалевого покрытия. Объектом исследования выбрана алюмоборосиликатная эмаль, содержащая диоксид титана, являющийся основным глушителем эмали.

Термоактивация – термическая обработка фритты при температуре 500 °С с выдержкой 30 мин, с последующим измельчением фритты и нанесением порошка на металлическую подложку. Эмалирование проводили при температуре 880 °С с выдержкой 2...3 мин. Зафиксировано положительное влияние термоактивации фритты на белизну готовой эмали. Установлено, что коэффициент диффузного отражения эмалевого покрытия, полученного без термоактивации, составляет 78 %, в то время как использование предварительной термоактивации фритты увеличивает показатель до 83 %.

Электронная микроскопия эмали показала отличие в структуре образцов. При использовании термоактивированной фритты поверхность полностью глушенная и однотонная. Без термоактивации фритты наблюдается неравномерность в цвете, присутствуют границы раздела между отдельными участками эмали.

По результатам дифференциально-термического анализа установлено, что на термограмме фритты с термоактивацией экзоэффект смещается в область более низкой температуры 581 °С по сравнению с фриттой без термоактивации – 614 °С, что указывает на более раннюю кристаллизацию.

Таким образом, предварительная термоактивация фритты предлагается как способ повышения белизны силикатного титансодержащего эмалевого покрытия.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Glass coatings on stainless steels for high-temperature oxidation protection: Mechanisms / Minghui Chen [et al.] // Corrosion Science. – 2014. – Vol. 82. – P. 316–327.

УДК 621.794.6:004.925.84

ТЕХНОЛОГИЯ МИКРОДУГОВОГО ОКСИДИРОВАНИЯ  
ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОКРЫТИЙ  
НА 3D-ТИТАНОВЫХ ИМПЛАНТАТАХ

А. П. ГРЯЗНОВ, В. И. ПЕТРОВ, Е. А. СОЛДАТОВА

Научный руководитель С. И. ТВЕРДОХЛЕБОВ, канд. физ.-мат. наук, доц.  
Томский политехнический университет  
Томск, Россия

Распространенность травматизма и спонтанных переломов обуславливает большие материальные затраты в области здравоохранения и приводит к высокому уровню нетрудоспособности, включая инвалидность и смертность. Операция соединения отломков костей с помощью специальных на костных и внутрикостных имплантатов у пациентов связана с большим риском развития осложнений вследствие нестабильной внутренней фиксации имплантата. Высокая скорость и качество консолидации костей, а также интеграции кости с внедренным в нее имплантатом являются необходимыми условиями успешного лечения и реабилитации больных. Перспективным методом улучшения качества восстановления функций опорно-двигательного аппарата и фиксации имплантатов считается модифицирование их поверхности путем нанесения биоактивных покрытий, в том числе с использованием различных кальций-фосфатных (КФ) материалов.

Микродуговое оксидирование (МДО) является одним из наиболее применяемых способов осаждения пористого биокерамического слоя на титане и его сплавах. МДО – это экономичный, простой и экологически безопасный метод формирования КФ-покрытий на имплантатах. Покрытия, сформированные данным методом, обладают рядом преимуществ по сравнению с другими химическими методами получения покрытий, среди которых повышенная износостойкость и коррозионная стойкость, отсутствие остаточных напряжений на поверхности вследствие пористой морфологии покрытий. Важным преимуществом метода МДО является возможность наносить покрытия на изделия сложной формы, в том числе 3D-изделия.

Разработано и изготовлено технологическое оборудование для реализации технологии МДО. Оборудование обладает широким диапазоном выходных параметров, благодаря чему позволяет решать различные задачи по нанесению МДО покрытий. Применение современной элементной базы, а также подбор параметров МДО процесса позволяют более эффективно использовать энергию для формирования покрытий, тем самым снижая среднюю мощность оборудования и его массогабаритные параметры.

Разработаны режимы формирования методом МДО КФ-покрытий для 3D-имплантатов, с использованием которых на поверхности 3D-изделия сформировано пористое биоактивное покрытие, обладающее остеостимулирующими свойствами.

УДК 629.3.014

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ФОРМИРОВАНИЯ  
ОПТИМАЛЬНОГО ПАРКА ТЕХНИКИ АО «ЛПК «КИПЕЛОВО»

Л. Ю. СОКОЛОВ, П. И. СМЕРНОВ

Вологодский государственный университет  
Вологда, Россия

Главной задачей автомобильного транспорта является полное, качественное и своевременное удовлетворение народного хозяйства и населения в перевозках при возможно минимальных затратах трудовых ресурсов. Трудность в том, что в выборе оптимального парка грузовой техники следует учитывать множество факторов, которые влияют на эффективность работы в целом: технические, экономические, технологические, внутренние и внешние факторы, которые тесно взаимосвязаны между собой и у каждого предприятия возникают проблемы в выборе парка техники.

Целью исследования являются возможное приобретение автомобилей моделей КамАЗ-6520, Scania P-440, Volvo FMX, MAN TGX и разработка методики выбора оптимальной модели в заданных условиях. На момент приобретения автомобиля по экономическим характеристикам наиболее выгодным вариантом является КамАЗ, автомобиль Scania – лучший по техническим характеристикам. По результатам исследования остаточной стоимости КамАЗ теряет больше всего, но и в ценовой категории находится ниже автомобилей-конкурентов. Для итогового выбора наиболее подходящего автомобиля для предприятия необходимо знать изменение затрат по ТО и ТР, но в связи с отсутствием данных на предприятии сделать выбор автомобиля на данном моменте затруднительно, но дает возможность работать над данной темой в дальнейшем. Главными задачами исследовательской части являлись: формирование оптимального парка техники, проведение исследований, которые помогут предприятию сформировать парк техники, подходящий условиям и пожеланиям компании, но для максимально оптимального выбора подвижного состава для предприятия требуются данные по изменению затрат на запасные части в течение эксплуатации, зависимость расхода топлива от года выпуска автомобиля.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Смирнов, П. И.** Методика выбора легковых автомобилей на основе оценки эксплуатационных затрат: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / П. И. Смирнов. – Санкт-Петербург, 2020. – 26 с.
2. **Захаров, Н. С.** Методика формирования парка грузовых автомобилей автотранспортного предприятия в зависимости от назначения и технико-эксплуатационных показателей транспортных средств / Н. С. Захаров, В. А. Ракин // Инженерный вестн. Дона. – 2015. – 174 с.

смотровая яма с освещением и розетками для подключения переносных светильников напряжением 12 В. В пункте оборудуется комната для сотрудника, выполняющего проверку автомобилей.



Рис. 1. Пункт технического осмотра

Кроме всего прочего, пункт технического контроля обязан быть оборудован такими приборами, как:

- 1) прибором регулирования света фар;
- 2) манометром;
- 3) люфтомером;
- 4) линейкой для контроля схождения колес;
- 5) слесарными инструментами;
- 6) переносным светильником.

Проблема, с которой могут столкнуться автотранспортные предприятия – это выпуск ТС и проверка их на эстакаде, где нет возможности «сквозного» выезда после проверки. При таком способе проверки отсутствует возможность быстрого, полного качественного осмотра, т. к. эстакада не соответствует требованиям контрольно-пропускного пункта. Общее время проверки на одну единицу техники составляет до 20 мин.

Контрольно-технический пункт позволит сократить время заезда, т. к. проезд через смотровую канаву будет проездным, и пока один автомобиль проходит проверку, второй будет заезжать на яму и ожидать начала проведения осмотра. Также за счет более удобного доступа к узлам и агрегатам снизу автомобиля будет сокращено общее время осмотра. Новый КТП позволит создать более рациональный алгоритм осмотра ТС, что также приведет к сокращению времени осмотра, а закрытый тип КТП козырьком позволит производить осмотр при любых погодных условиях.

УДК 628.345

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЖЕЛЕЗА ИЗ КРАСНОГО ШЛАМА

Е. Е. ЖИЛЬЦОВА, А. А. ЮРТАЕВА

Научный руководитель Е. Н. КУЗИН, канд. техн. наук, доц.  
Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева  
Москва, Россия

Складирование красного шлама, отхода глинозёмного производства, экономически невыгодно и опасно для окружающей среды [1]. Исходя из высокого содержания железа в красном шламе переработка с получением продукции для чёрной металлургии является крайне перспективной [2].

В рамках работы проведено исследование возможности извлечения соединений железа с использованием минеральных кислот. Данные по максимально возможной степени извлечения соединений железа представлены на рис. 1. Условия процесса выщелачивания: время процесса 2 ч, при температуре кипения растворов, Т:Ж 1:100.

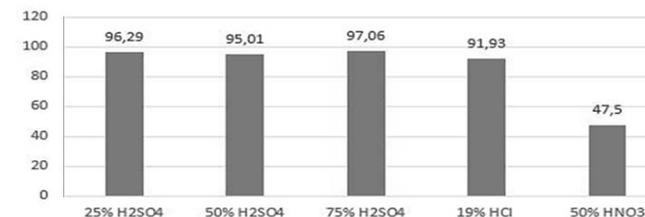


Рис. 1. Степень извлечения железа минеральными кислотами

Из данных (см. рис. 1) видно, что вне зависимости от концентрации серной кислоты степень извлечения соединений железа из красного шлама близка к 100 %. Соляная кислота менее эффективна, однако степень извлечения железа составила 91 %. Эффективность вскрытия красного шлама азотной кислотой оказалась недостаточной. Помимо этого, необходимо отметить, что азотная и соляная кислоты являются высококоррозионными веществами, а, следовательно, их использование значительно усложнит аппаратную схему процесса.

Наиболее эффективным выщелачивающим агентом для красного шлама была выбрана серная кислота. Доказано, что при использовании даже 25 % серной кислоты достигается высокая степень извлечения металлов, что, в свою очередь, позволяет использовать кислоту в рациональных количествах.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Утков, В. А. Современные вопросы металлургической переработки красных шламов / В. А. Утков, В. М. Сизяков // Записки Горного института. – Санкт-Петербург, 2013. – Т. 202.
2. Корнеев, В. И. Красные шламы / В. И. Корнеев, А. Г. Сусс, А. И. Цеховой. – Москва, 1991.

УДК 669.793, 542.06

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОЙ КОНЦЕПТ-ТЕХНОЛОГИИ  
ПЕРЕРАБОТКИ ДИОКСИДА

А. Д. ЗАЙЦЕВА, С. А. РУБЛЕВА

Научный руководитель Е. Н. КУЗИН, канд. техн. наук, доц.  
Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева  
Москва, Россия

Скандий – редкоземельный (рассеянный) элемент, используемый для легирования алюминиевых сплавов. Известно, что добавка Sc в количестве 2...5 % масс. существенно увеличивает прочностные характеристики материала, благодаря чему спрос на данный металл для нужд авиастроения неуклонно возрастает, а вопрос поиска его новых источников становится все актуальнее.

В основном скандий можно выделить из красного шлама, кислых растворов добычи урана или переработки ильменита [1]. К сожалению, работа с подобными источниками Sc требует сложной аппаратурной схемы, а стоимость получаемого металла достаточно высока.

В рамках работ, проведенных на кафедре промышленной экологии РХТУ им. Д. И. Менделеева, разработана альтернативная технология производства соединений Sc из крупнотоннажного магнийсодержащего сырья – диоксида. Его химический состав и свойства позволяют не только эффективно и недорого извлечь соединения Sc, но и организовать производство крупнотоннажного продукта – сульфата магния, используемого в качестве удобрения.

Предлагаемая технология отличается высокой степенью промышленной и экологической безопасности. В результате работы создан высокоселективный импрегнат на основе макропористых углей, модифицированных смесью органических экстрагентов (Д2ЭГФК/ТБФ), позволяющий уйти от жидкостной экстракции с использованием горючих реагентов. Предложена технология рекстракции соединений скандия с использованием бинарной композиции на основе сульфата и гидрофторида аммония, позволяющая значительно снизить стоимость процесса и повысить его безопасность (отказ от растворов HF) [1].

Маточный раствор, прошедший стадии селективного извлечения соединений скандия и титана, направляется на нейтрализацию магнийсодержащими материалами. Часть выпадающих в осадок компонентов может быть возвращена на стадию вскрытия, а другая – использована для производства комплексных коагулянтов или в качестве железосодержащего пигмента. Очищенные от примесей растворы направляются на стадию сушки с получением товарного сульфата магния технического качества.

Авторы выражают благодарность С. С. Галактионову, А. Н. Краснощекову.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оценка возможности использования твердых экстрагентов на основе Д2ЭГФК/ТБФ в процессах извлечения скандия из сернокислотных растворов переработки диоксида / Е. Н. Кузин [и др.] // Вестн. Казан. техн. ун-та. – 2020. – Т. 23, № 1. – С. 64–68.

УДК 65

РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОСМОТРА ТС ПРИ ВЫЕЗДЕ НА ЛИНИЮ  
И ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДСМЕННЫХ ОСМОТРОВ

С. А. СВЕЧИНСКИЙ

Научный руководитель Д. Н. СОЛОДОВНИКОВ, канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В. Г. Шухова  
Белгород, Россия

Направленность выполнения производственных процессов, характерные черты их реализации являются базой для успешной организации производства. Их технологическое исполнение следует осуществить наиболее оптимальным образом.

В условиях автотранспортного предприятия параллельно существуют две разновидности производственных процессов:

1) основная – развитие предприятия, увеличение объемов перевозок, выполнения работ в установленные сроки, высокие условия технической готовности;

2) вспомогательная – ТО и ТР подвижного состава как подъемная часть основного производства.

Безопасность дорожного движения регламентируется федеральным законодательством. В соответствии с положениями 20 Статьи 196-ФЗ, предприниматели и юридические лица, выполняющие перевозки, должны организовывать и выполнять предрейсовую проверку. Целью этой процедуры выступает недопущение неисправных транспортных средств на линию.

Проверка транспортных средств производится по установленной производственной схеме:

1) назначается квалифицированный работник, который будет выступать в качестве контролера технического состояния автотранспортных средств;

2) создание рабочего места для работника, на котором будет выполняться проверка автомобилей и механизмов перед выходом на линию;

3) организация работы пункта в любых погодных условиях.

Для назначения сотрудника автотранспортного предприятия на должность проверяющего ТС проводится профессиональная переподготовка. Контролер технического состояния автотранспортных средств приобретает навыки в рамках специальной программы, которые разрабатываются профильными образовательными учреждениями.

Немаловажным является пункт осмотра транспортных средств (рис. 1). Участок технического контроля должен быть отапливаемым, в закрытом вентилируемом помещении, оснащено навесом. В нем предусматривается

УДК 629.113

ИССЛЕДОВАНИЕ УДАРНОГО НАГРУЖЕНИЯ ШКВОРНЯ  
СЕДЕЛЬНО-СЦЕПНОГО УСТРОЙСТВА В ПРОЦЕССЕ  
ТОРМОЖЕНИЯ МАГИСТРАЛЬНОЙ АТС

Е. А. МОИСЕЕВ, О. В. БИЛЫК, С. Ю. БИЛЫК  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Современные магистральные АТС широко используют системы активной безопасности (САБ АТС). В основе алгоритмов работы этих систем лежит информация, поступающая с датчиков измерения угловых скоростей вращения колес. Развитие алгоритмов работы современных САБ АТС идет по пути наращивания числа датчиков, измеряющих кинематические параметры движения магистральной АТС, с целью определения сил в контакте колес с опорной поверхностью. При этом алгоритмы работы систем усложняются, а эффективность их работы повышается несущественно. Статистика показывает, что, несмотря на сложность САБ АТС, все еще наблюдается складывание звеньев автопоезда. Главными причинами складывания звеньев магистральной АТС являются наличие шарнирной связи между звеньями и нарушение синхронности срабатывания тормозных механизмов.

Нами было проведено теоретическое исследование процесса торможения магистральной АТС, а именно ударное нагружение шкворня седельно-сцепного устройства в процессе торможения.

По результатам исследования мы установили, что при запаздывании срабатывания тормозов полуприцепа на криволинейной траектории возникают большие боковые реакции у колес передней оси тягача. В результате чего происходит:

- нарастание ударной силы на шкворень;
- формирование тормозного момента, превышающего момент, реализуемого колесами, вследствие чего скольжение контактов колес тягача приводит к снижению коэффициентов сцеплений колес;
- нарушение кинематической связи колес с опорной поверхностью.

Нами предлагается отказаться от кинематических параметров в алгоритмах САБ АТС, а использовать прямое измерение и анализ сил. В качестве источников первичной информации предлагается измерять и анализировать силы в сцепке тягача с полуприцепом и тормозные моменты, реализуемые колесами полуприцепа.

УДК 621.9

ПОЛУЧЕНИЕ КАТАЛИЗАТОРОВ НИТРИДА УГЛЕРОДА

Д. С. ЗАХРОВА, М. А. ВЕТРОВА

Научный руководитель Е. Н. КУЗИН, канд. техн. наук, доц.  
Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева  
Москва, Россия

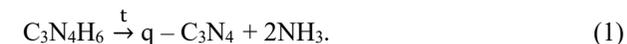
В связи с активным развитием различных отраслей промышленности, а также образованием сложных органических соединений, загрязняющих окружающую среду, вопрос в необходимости разработки новых материалов и веществ с высокими механическими характеристиками в настоящее время является актуальным.

Целью данной работы являлось получение гетерогенных катализаторов, используемых в процессах УФ-обработки сточных вод, в частности, модельных водных растворов фурацилина. Образцы нитрида углерода ( $q - C_3N_4$ ) были получены в рамках лаборатории кафедры промышленной экологии РХТУ:

– образец № 1: получен в результате термического разложения меламина в азотной среде при температуре 450 °С...650 °С;

– образец № 2: высушенный меламин смешивали с оксидом кремния  $TiO_2$  в пропорции 1:3 и растирали в агатовой ступке. Образовавшуюся смесь помещали в закрытый тигель и выдерживали 3 ч при температуре 500 °С.

Графитоподобный нитрид углерода образовывался в процессе термического разложения меламина (чистота 99,7 %):



По результатам экспериментальных данных, приведенных в табл. 1, было определено, что благодаря высокой степени окисления и активности катализаторов, полученные образцы нитрида углерода могут быть использованы в качестве основы новых фотокаталитических материалов.

Табл. 1. Фотодеструкция фурацилина в присутствии нитрида углерода

Время, мин	Образец катализатора	
	$q - C_3N_4$	$q - C_3N_4 + TiO_2$
	Эффективность, %	Эффективность, %
15	46,2	67,4
30	69,2	67,4
60	95,4	88,2

АНАЛИЗ МЕТОДА ПОЛУЧЕНИЯ  
ТОНКОДИСПЕРСНОГО ГРАФИТОВОГО ПОРОШКА  
ЭЛЕКТРОСИНТЕЗОМ НА ПЕРЕМЕННОМ ТОКЕ

А. В. КУПРЯШОВ

Научный руководитель И. Я. ШЕСТАКОВ, д-р техн. наук, доц.  
Сибирский государственный университет науки и технологий  
имени академика М. Ф. Решетнева  
Красноярск, Россия

Основным способом получения графитового порошка в современной промышленности является механическое измельчение: виброизмельчение, тонкое точение, струйное измельчение и виброистирание. Главный недостаток данного способа – получение частиц порошка разнородной формы с повреждениями кристаллической решетки. Применение такого порошка в качестве наполнителя многофункциональных покрытий ведет к ряду существенных проблем (неравномерность слоев покрытия, повышенная плотность, излишняя масса). Сложившиеся недостатки могут быть частично устранены путем использования в качестве наполнителя покрытий тонкодисперсного графитового порошка, полученного электрохимическим методом – электросинтезом на переменном токе.

Для этого было создано специальное устройство, состоящее из цилиндрического фторопластового корпуса, внутри которого размещены электроды: цилиндрический катод из нержавеющей стали и анод – графитовый электрод. Между электродами установлена цилиндрическая пластиковая перфорированная емкость, наружная поверхность которой обтянута синтетической тканью на основе полиэстеровых волокон, выполняющая роль диафрагмы. Сверху корпуса расположена пластиковая крышка, на которой с помощью болтового соединения установлены токоподводы и анод. Электролитом служит дистиллированная вода температурой 23 °С...25 °С. Объем катодного пространства – 790 мл.

На анод и катод подавалось переменное напряжение 220 В. В цепь перед анодом подключен диод. В течение эксперимента сила тока постепенно снижалась, но после возрастания температуры электролита сила тока начинает возрастать. При превышении значения начальной силы тока на установку прекращалась подача напряжения, т. к. процесс становится излишне энергозатратным. Полученный раствор после электросинтеза фильтровался и высушивался.

В результате был получен тонкодисперсный графитовый порошок с диапазоном размеров частиц 0,004...0,06 мм. Рентгеноструктурный анализ показал отсутствие (либо незначительные повреждения) кристаллической решетки частиц полученного тонкодисперсного графитового порошка.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ КОЛЕБАНИЙ НА СИДЕНЬЕ ВОДИТЕЛЯ  
КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА НА ОСНОВАНИИ СИЛОВОГО АНАЛИЗА

Г. С. МИГУРСКИЙ, О. А. ПОНОМАРЕВА

Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Водители колесных тракторов подвергаются воздействию низкочастотной вибрации, которая приводит к развитию профессиональных заболеваний. Поэтому исключение этого рода вибраций является актуальной задачей.

Рассматривая множество алгоритмов для кресел с активной виброзащитной системой (АВС), можно отметить одну особенность – для идентификации колебаний на сиденье водителя колесного трактора используется датчик, который в большинстве случаев располагается под сиденьем водителя колесного трактора. На основании информации, полученной от датчика, формируется управляющий сигнал в систему активной виброзащиты сиденья с целью снижения колебаний. Соответственно времени, затраченного на обработку информации с датчика, может быть недостаточно, в результате чего можно ожидать удар, т. к. система АВС не успеет среагировать.

Как известно, колесный трактор имеет три уровня гашения колебаний: первый ( $Z_1$ ) – массивные колеса, которые гасят высокочастотные колебания (40...120 Гц), второй ( $Z_2$ ) – кабина трактора, которая гасит колебания средней частоты (12...40 Гц), и третий ( $Z_3$ ) – сиденье водителя трактора (1...12 Гц). Таким образом, предлагается способ повышения эффективности гашения низкочастотных колебаний на третьем уровне – сиденье водителя колесного трактора за счет снижения колебаний, на втором уровне – кабина колесного трактора, используя в качестве идентификации сигнала тензометрический датчик.

С целью прогнозирования работы алгоритма АВС предлагается устанавливать датчик не на третий уровень защиты от вибрации, а на второй. Блок управления АВС, получив сигнал со второго уровня, будет иметь больше времени на анализ полученных результатов с датчика и, соответственно, будет иметь больше времени для своевременной подачи управляющего сигнала на срабатывание АВС в сиденье водителя, что существенно повысит производительность системы.

УДК 629.3.014

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОГО СРОКА  
ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ  
АО «ЛПК «КИПЕЛОВО»

А. Н. КОРЯКОВСКИЙ, П. И. СМИРНОВ  
Вологодский государственный университет  
Вологда, Россия

Лесозаготовительная техника включает в себя полный комплекс специализированных машин, основным предназначением которых являются осуществление подготовительных работ, валка леса, трелёвка и последующая транспортировка подготовленного материала до конечного места назначения. Основные функциональные особенности конкретной машины определяются в зависимости от поставленных задач.

Калькулятор, разработчиками которого являются П. И. Смирнов, А. В. Востров и О. Н. Пикалев, служит для определения удельных эксплуатационных затрат и затрат на обновление АТС. Также для расчёта учитываются эксплуатационные затраты, затраты на ТО и ТР АТС, производительность с накоплением по годам, затраты на обновление для расчётного года эксплуатации, потери в затратах, если обновлять АТС не вовремя. С помощью данных параметров удаётся рассчитать срок службы автомобилей, а также узнать ущерб, который может понести предприятие при перепробеге АТС. Чтобы использовать данный калькулятор для расчёта списания лесозаготовительной техники, его необходимо было преобразовать. Главной задачей явилось создание математических моделей для оценки изменения трудоёмкостей ТО и ТР и оценки изменения расхода запасных частей на период эксплуатации техники. В ходе работы были получены дополнительные данные по параметрам затрат и трудоёмкостям, которые были проанализированы по годам; с момента начала эксплуатации техники различных моделей были построены графики изменения расходов.

На основе статистических данных были построены математические модели. Также преобразован калькулятор определения оптимального срока эксплуатации автомобилей под ЛЗМ, что позволяет определять своевременный момент списания техники, при котором предприятие не будет работать себе в ущерб.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Еремеев, Н. С.** Повышение эффективности технической эксплуатации ЛЗМ на основе управления их остаточным ресурсом / Н. С. Еремеев. – Москва: Машины лесозаготовок, 2005. – 16 с.
2. **Урюпин, А. И.** Совершенствование методов технической эксплуатации лесозаготовительных машин на основе оптимизации параметров управления состоянием элементов машины / А. И. Урюпин. – Воронеж: Технология и машины лесозаготовок, 2007. – 10 с.

УДК 546.82; 549.64

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ  
НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ТИТАНА ИЗ ПСЕВДОБРУКИТА

Т. Г. ЛЮБУШКИН, Т. И. НОСОВА  
Научный руководитель Е. Н. КУЗИН, канд. техн. наук, доц.  
Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева  
Москва, Россия

В России существует недостаток сырьевых источников титана высокого качества, и на данный момент большая часть потребности в титане покрывается за счёт импортного сырья или полуфабрикатов. Одним из наиболее перспективных источников титана в России (50 % всех запасов [1]) является кварц-лейкоксен Ярегского нефтетитанового месторождения. Содержание титана в концентрате может достигать 50 % масс. по  $TiO_2$ . Существуют различные технологии переработки кварц-лейкоксенового концентрата (магнетизирующий обжиг, автоклавное выщелачивание и др.), однако данные методы либо экономически нецелесообразны, либо недостаточно эффективны.

Авторами работы предлагается технология пирометаллургической переработки кварц-лейкоксена в присутствии железосодержащей добавки с целью конверсии кварц-лейкоксен → псевдобрукит. Псевдобрукит является более активным по сравнению с рутилом, что объясняется их структурами, и поддается эффективному выщелачиванию [2]. Данные по сернокислотному выщелачиванию образца псевдобрукита серной кислотой различной концентрации представлены на рис. 1.

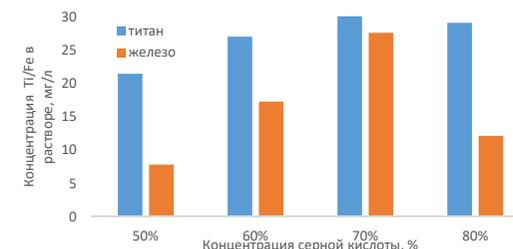


Рис.1. Содержание Ti/Fe (эффективность извлечения) от концентрации кислоты

Как видно из данных, приведенных на рис. 1, максимальное извлечение Ti из псевдобрукита возможно при использовании 70-процентной серной кислоты.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Быховский, Л. З.** Титановое сырье России / Л. З. Быховский, Л. П. Тигунов // Российский химический журнал. – 2010. – № 2 (54). – С. 73–86.
2. Принципы пиро-гидрометаллургической переработки кварц-лейкоксенового концентрата с формированием фазы псевдобрукита / Е. Н. Кузин [и др.] // Обогащение руд. – 2021. – № 3. – С. 33–38.

УДК 621.793.71

СКЭФФОЛД-ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ПОРОШКОВ  
МАГНИЙ- И ЦИНКЗАМЕЩЕННЫХ ФТОРГИДРОКСИАПАТИТОВ

О. А. МАРКЕЛОВА

Научный руководитель С. Я. ПИЧХИДЗЕ, д-р. техн. наук, проф.  
Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А.  
Саратов, Россия

Применение скэффолд-материалов и покрытий в медицине, в частности ортопедии, обусловлено необходимостью создания структур, способных выполнять функцию матрицы для заполнения клетками и формирования костной ткани.

Одним из методов создания покрытий, обладающих регулируемой пористостью является плазменное напыление. Особый интерес представляет получение покрытий, имеющих дополнительные свойства, например, антимикробную активность, повышенную адгезионную прочность и др. Данных эффектов можно добиться, используя в процессе плазменного напыления порошки фторгидроксиапатита (ФГА), замещенные магнием и цинком.

Плазменное напыление покрытий осуществлялось на установке УПН-28 по следующим основным технологическим режимам: ток дуги – 350 А, дистанция напыления – 100...150 мм, дисперсность порошка – до 90 мкм, расход плазмообразующего/транспортирующего газов – 20/5 л/мин. В качестве подслоя использовано плазменное покрытие из порошка титана дисперсностью 150...300 мкм. Анализ поверхности полученных покрытий производился с использованием комплекса АГПМ-6М (рис. 1).

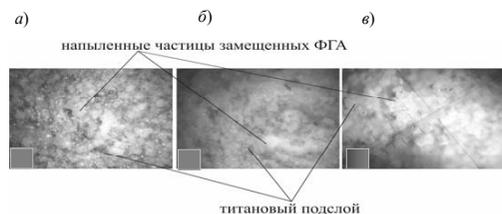


Рис. 1. Микроструктура поверхности плазменных покрытий: а – ФГА; б – цинкзамещенный ФГА; в – магнийзамещенный ФГА (поле зрения 350 мкм)

Покрытие на основе порошков ФГА и замещенных ФГА представлено частицами размером 70...100 мкм, часть частиц расплавилась в процессе напыления, что способствовало образованию агломератов размером более 100 мкм. Покрытия на основе замещенных ФГА отличаются большей равномерностью и однородностью по сравнению с ФГА, что свидетельствует о выборе оптимальных режимов плазменного напыления для формирования покрытий.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке стипендии Президента РФ для молодых ученых и аспирантов СП-63.2019.4.*

УДК 629.331.08(075.32)

НАПРАВЛЕНИЯ СНИЖЕНИЯ ЗАТРАТ НА СОДЕРЖАНИЕ  
АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В ИСПРАВНОМ СОСТОЯНИИ

В. А. ЗЕНЬКОВ

Научный руководитель В. П. ИВАНОВ, д-р техн. наук, проф.  
Полоцкий государственный университет  
Новополоцк, Беларусь

Действующая в настоящее время плано-предупредительная система технического обслуживания и ремонта (ТО и Р) автотранспортных средств (АТС) может быть усовершенствована путем ее интеграции с системами телематики, встроенной бортовой диагностики и внешней аналитики. Перспективным путем снижения затрат на ТО и Р АТС является внедрение в ее сферу современного диагностического оборудования, а также интеграция информационных систем с элементами сбора, хранения и анализа первичных данных об эксплуатации АТС с последующим формированием оптимальных моделей ТО и Р [1, 2]. Результатом данной интеграции будет формирование программно-аппаратного комплекса.

Реальным показателем снижения затрат на ТО и Р при использовании программно-аппаратного комплекса является обоснованное увеличение периодичности технического обслуживания и межремонтных пробегов и установление их оптимальных значений. Внедрение мероприятий обеспечивает:

- увеличение межсервисного интервала за счет оптимальных моделей ТО и Р;
- увеличение срока службы АТС по физическому износу и приближение этого показателя к показателю срока службы по моральному износу;
- снижение затрат на диагностические, профилактические и ремонтные операции за счет привлечения персонала менее высокой квалификации и уменьшения количества технологических операций за счет использования статистических данных за контрольный период эксплуатации АТС с применением оптимальных моделей ТО и Р;
- замещение ценообразования ТО и Р сметами стоимостью фактических объемов работ;
- снижение простоев за счет устранения недостатков коммуникации между различными службами, задействованными в ТО и Р.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барановская, Т. А. Экономика транспорта и управление персоналом: учеб.-метод. пособие / Т. А. Барановская. – Гомель: БелГУТ, 2019. – 67 с.
2. Как снизить затраты на ремонт грузовиков: реальный опыт Михаил Ожерельев [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://5koleso.ru/avtopark/kak-snizit-zatraty-na-reмонт-gruzovikov-realnuu-opyt/>. – Дата доступа: 08.09.2021.

УДК 629.1

## ВЛИЯНИЕ КОЛЕБАНИЙ НА ТОРМОЗНЫЕ СВОЙСТВА АВТОМОБИЛЕЙ

А. С. ДМИТРИЕВА

Научный руководитель А. А. ЕНАЕВ, д-р техн. наук, проф.

Псковский государственный университет

Псков, Россия

Тормозные свойства автомобиля являются основой его активной безопасности и безопасности дорожного движения в целом.

Торможение автомобиля характеризуются факторами, которые влияют на его оценочные показатели и к основным из них можно отнести:

- коэффициент сцепления шин с опорной поверхностью;
- техническое состояние тормозной системы;
- колебания поддресоренных и неподдресоренных масс, обусловленные техническим состоянием и параметрами подвески.

Торможение автомобиля является динамичным и сложно моделируемым процессом, поэтому в теории движения автомобиля торможение рассматривается в идеализированных условиях, соответствующих торможению на ровной дороге, в то время как литературные источники показывают, что угловые и продольные колебания, возникающие при движении по неровной дороге, приводят к изменению оценочных показателей тормозных свойств.

Теоретические исследования влияния колебаний на торможение автомобиля включают составление математической модели и проведение теоретических исследований по ней.

Предлагаемая математическая модель включает схему колебательной системы, эквивалентной автомобилю при торможении, и систему дифференциальных уравнений, описывающих колебания поддресоренных масс автомобиля, при этом оценочные параметры тормозных свойств представляются формулами, учитывающими вертикальные ускорения поддресоренных масс и затраты энергии при торможении.

Для проведения теоретических исследований по математической модели выбраны различные условия. Исследования проводились для опорной поверхности гармонического профиля с варьированием высоты неровности от 15 до 20 мм. Длина неровности в расчетах являлась постоянной.

Также для расчета в качестве варьируемых параметров были выбраны параметры подвески, а именно изменялся коэффициент нормальной жесткости подвески.

Результаты теоретических исследований показали, что тормозной путь и время торможения увеличиваются на 10 % по сравнению с торможением на ровной дороге. Результаты расчета оценочных параметров тормозных свойств при варьировании коэффициента жесткости показывают, что его увеличение приводит к увеличению тормозного пути, времени торможения и снижению ускорения, что соответствует ухудшению тормозной динамики.

УДК 621.9

МЕХАНИЧЕСКИ ЛЕГИРОВАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ ЖЕЛЕЗО-АЛЮМИНИЙ-ХРОМА. С. ОЛЕНЦЕВИЧ<sup>1</sup>, В. В. САПЕГО<sup>1</sup>, Ю. В. СЕЛИВАНОВА<sup>2</sup>

Научный руководитель А. С. ФЕДОСЕНКО, канд. техн. наук, доц.

<sup>1</sup>Белорусско-Российский университет<sup>2</sup>Могилевский государственный политехнический колледж  
Могилев, Беларусь

Благодаря уникальному комплексу свойств материалы на основе системы Fe-Al способны заменить целый ряд высоколегированных сталей и сплавов. Они отличаются высокой твердостью, коррозионной стойкостью, жаростойкостью, жаропрочностью, хорошей работоспособностью в среде различных агрессивных сред, включая соединения серы и хлора, хорошо противостоят науглероживанию.

Большой интерес среди материалов рассматриваемой системы представляют композиции с содержанием алюминия 30 % по массе. Особенностью этих сплавов является низкая пластичность при температуре ниже 500 °С, что может вызвать образование трещин в изделиях в процессе эксплуатации.

Увеличить пластичность материалов на основе системы Fe-Al можно дополнительным легированием элементами, снижающим твердость основы. Одним из таких легирующих элементов является хром. Согласно литературным данным, он не только позволяет увеличить пластичность железо-алюминиевых сплавов, но и способствует повышению коррозионной стойкости и жаростойкости. Зачастую изделия получают литьем, однако наиболее перспективной технологией их производства считается механическое легирование.

В результате проведенных исследований по технологии реакционного механического легирования были получены порошковые материалы на основе системы Fe-30 % Al, содержащие в качестве легирующей добавки до 10 % хрома. Установлено, что механически легированные материалы выбранных композиций отличаются размером частиц более 150 мкм. С целью уменьшения среднего размера частиц синтезируемых порошков было предложено дополнительное введение поверхностно-активного вещества. Среди выбранных соединений оптимальный результат показал изопропиловый спирт, применение которого позволило достичь оптимального результата.

Установлено, что содержание хрома и форма, в которой он вводился, не оказывают принципиального влияния на гранулометрический состав порошков. При одинаковых условиях реализации процесса механического легирования синтезируемые материалы состоят из частиц, близких по форме и размеру. Структура частиц плотная и однородная. Порошки отличаются хорошими технологическими свойствами.

УДК 646.31:666.3

## ИССЛЕДОВАНИЕ БИОАКТИВНОСТИ КАЛЬЦИЙФОСФАТНОЙ КЕРАМИКИ, ПОЛУЧЕННОЙ МЕТОДОМ 3D-ПЕЧАТИ

А. Д. ПОДСОСОННАЯ

Научный руководитель А. Н. ШИМАНСКАЯ, канд. техн. наук  
Белорусский государственный технологический университет  
Минск, Беларусь

Основным требованием для соединения искусственного материала с живой костью является образование костеподобного апатита на его поверхности при имплантации в организм человека. Это образование апатита *in vivo* может быть воспроизведено при помощи SBF-раствора.

Модельный SBF-раствор представляет собой раствор, аналогичный по химическому составу и концентрации ионов межтканевой жидкости человека (плазме крови).

В настоящем исследовании изучалась биологическая активность кальцийфосфатной керамики, изготовленной методом 3D-печати [1].

С помощью электронной микроскопии установлено, что формирование фосфатов кальция на поверхности полученных образцов происходит уже через 7 сут. выдерживания их в SBF-растворе (рис. 1), что свидетельствует о биологической активности синтезированных материалов.

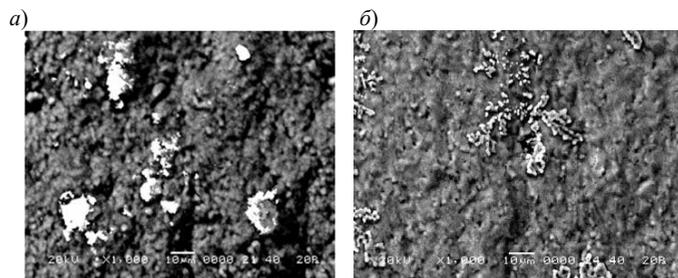


Рис. 1. Электронно-микроскопические снимки образцов кальцийфосфатной керамики, полученной методом 3D-печати после выдержки в SBF-растворе в течение 7 сут. ( $\times 1000$ )

Таким образом, синтезированные образцы кальцийфосфатной керамики можно рекомендовать для проведения дальнейших исследований с целью применения в костной хирургии.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Разработка составов масс на основе фосфатов кальция для 3D-печати керамических изделий / А. Н. Шиманская [и др.] // Тр. БГТУ. Сер. 2. Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. – 2021.

УДК 621.926

## ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ МНОГОЦЕЛЕВОГО ПРУЖИННОГО АППАРАТА

Д. А. ЩУКИН

Научный руководитель Л. А. СИВАЧЕНКО, д-р техн. наук, проф.  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Использование адаптивных механизмов обработки дисперсных сред является одним из направлений повышения эффективности и снижения энергоёмкости технологических процессов на современных производствах.

Одним из аппаратов, реализующих данный механизм, по праву считается аппарат с пружинным рабочим органом. Конструктивное разнообразие данных аппаратов способствует их широкому применению как в качестве узкоспециализированного, так и в качестве многоцелевого оборудования в линиях по производству строительных материалов, пищевых добавок, в порошковой металлургии, горнорудной и иных отраслях промышленности. Причем, используя исследования в области пружинных мельниц, возможно создание машин различного назначения, работающих как на жидкой суспензии, так и на сыпучем материале. Примеры конструкций таких аппаратов приведены на рис. 1.

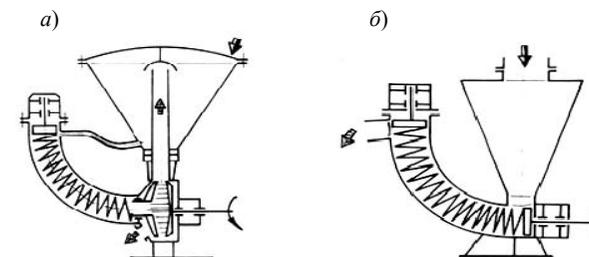


Рис. 1. Конструкции многоцелевых пружинных аппаратов

Обобщенная конструкция таких аппаратов включает приводной электродвигатель, кинематически связанный с пружинным рабочим модулем, состоящим из дугообразно изогнутой пружины, размещенной в трубчатом корпусе, с патрубками для загрузки и выгрузки материала. Вся конструкция смонтирована на раме. Применение в конструкции нагнетающего насоса (см. рис. 1, *a*) обеспечивает возможность работы аппарата по мокрому способу с загрузкой в рабочую камеру жидкой суспензии.

Высокая интенсивность технологических процессов по измельчению, смешиванию, механоактивации, а также дозированию материалов позволяет создавать на базе пружинных аппаратов высокоэффективные мельницы, смесители, механоактиваторы и дозаторы как непрерывного, так и циклического действия, а также сочетать в одном агрегате несколько технологических функций с минимальными энергетическими и эксплуатационными издержками.

УДК 621.929

### МНОГОЦЕЛЕВОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ АППАРАТ С ВОЛНОВОЙ РАБОЧЕЙ КАМЕРОЙ

Ю. М. ХАРИТОНОВ, А. В. КУЧЕРЕНКО

Научный руководитель Л. А. СИВАЧЕНКО, д-р техн. наук, проф.  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Многоцелевой технологический аппарат с волновой рабочей камерой относится к оборудованию для переработки влажных сырьевых материалов, сортировки твердых коммунальных отходов, перемешивания, камневыведения, первичной сушки и осуществления других процессов. Его основу составляют рабочие камеры в виде одноволновой или двухволновой рабочей поверхности, связанной с кривошипно-шатунным механизмом. Общий вид и кинематическая схема такого аппарата приведены на рис. 1 и 2 соответственно.



Рис. 1. Общий вид многоцелевого одноволнового аппарата

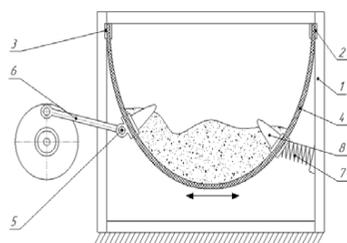


Рис. 2. Кинематическая схема многоцелевого одноволнового аппарата

Аппарат содержит раму 1, на которой посредством узлов крепления 2 и 3 смонтирована деформируемая рабочая камера 4, выполненная из эластичной лоткообразной оболочки, которая с одной стороны через шарнир 5 связана с кривошипно-шатунным механизмом 6. Со второй стороны рабочая камера, установленная под небольшим углом к горизонту, имеют амортизаторы колебаний 7, а с внутренней стороны снабжена лопастями 8.

Рабочий процесс такого аппарата происходит следующим образом. Кривошипно-шатунный механизм 6 приводится в движение и через шарнир 5 сообщает деформируемой рабочей камере 4 сложные периодические перемещения. В верхнюю часть рабочей камеры подаются исходные материалы, которым придают волнообразные движения, обеспечивающие их интенсивные поперечные перемещения с одновременным продвижением вдоль оси камеры и последующей выгрузкой из аппарата. Для исключения резонансных колебаний стенок камеры имеется пружинный амортизатор 7. На основе представленной конструкции можно осуществить три варианта технологических процессов – перемешивание, грохочение и сушку. При этом в случае использования гибкой оболочки для разделения материалов она выполняется перфорированной, для удаления подрешётного продукта.

УДК 621.9

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ ПРИ ОЦЕНКЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КОМПОЗИТА

Е. А. РОГОЖИНА

Научный руководитель Г. В. МАЛЫШЕВА, д-р техн. наук, проф.  
Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана  
Москва, Россия

Компьютерная томография (КТ) относится к числу методов, позволяющих осуществлять неразрушающий контроль изделий на всех этапах производства. Благодаря КТ появилась возможность более глубокого анализа реальной структуры материала и оценки его работы в условиях эксплуатации.

Цель данной работы заключается в расчете напряженно-деформированного состояния образцов композиционного материала на основании модели структуры этого материала, полученной с помощью КТ.

В работе исследовались образцы композиционного материала на основе термопластичной и термореактивной матриц. В качестве термопластичной матрицы использован полифенилсульфид, в качестве термореактивной – эпоксидный полимер. В качестве армирующего наполнителя применялась углеродная ткань на основе волокна УМТ. Формование образцов на основе термопластичной матрицы проводили путем прессования, а на основе термореактивной матрицы – по технологии вакуумной инфузии.

Для исследования использовался томограф корпорации GE серии v|tome|x m. Образец помещался в рабочую камеру томографа, где с определенным угловым шагом совершал полный оборот вокруг своей оси, и на каждом шаге делалось по одному рентгеновскому снимку. Обработку всех снимков проводили при помощи специализированного программного обеспечения VGStudio MAX. В результате обработки создавалась единая 3D-модель, позволяющая не только оценить структуру материала, но и выполнить анализ его напряженно-деформированного состояния. Для этого вручную задавали все исходные характеристики компонентов, указывали их фазовый состав, выбирали тип закрепления и нагрузку и далее проводили стандартный анализ напряженно-деформированного состояния с получением цветных диаграмм.

При использовании классических подходов к расчетам напряженно-деформированного состояния невозможно учесть влияние технологии формования. Использование КТ, позволяющей определить структуры реальных материалов в зависимости от технологии изготовления, дает возможность построить модель структуры материала с высоким пространственным разрешением.

УДК 541.123.546.2183

МОДИФИКАЦИЯ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ  
В СВЕРХКРИТИЧЕСКОЙ ФЛЮИДНОЙ СРЕДЕ

А. Д. САБИРОВА, С. М. АВРАМЕНКО

Научный руководитель Т. Р. БИЛАЛОВ, д-р техн. наук, проф.  
Казанский национальный исследовательский технический университет  
им. А. Н. Туполева-КАИ  
Казань, Россия

Применение современных композитных материалов в авиастроении – это один из наиболее перспективных путей уменьшения расхода топлива и увеличения грузоподъемности самолетов. Однако в плане электропроводности этим материалам еще очень далеко до алюминия. Существующие в настоящее время решения приводят к нежелательному увеличению массы изделия и по этой причине не всегда приемлемы. Одним из возможных вариантов увеличения электропроводности композитных материалов является пропитка композитных материалов органометаллическими комплексами в сверхкритической флюидной (СКФ) среде, которая характеризуется определенным сочетанием температуры и давления, значения которых превосходят значения критической точки этого вещества [1]. Особенность этого состояния заключается в уникальном сочетании свойств сверхкритического флюида, в том числе в его низкой вязкости и способности проникать в мельчайшие поры вещества, а также растворяющей способности, зависящей от термодинамических параметров вещества [1]. Сверхкритические флюиды нашли широкое применение в различных отраслях промышленности. Отдельно следует отметить процесс импрегнации, или пропитки, когда сверхкритическим флюидом с растворенной в нем целевой компонентой обрабатывают пористую матрицу, а затем резко сбрасывают давление. В процессе обработки флюид проникает в поры матрицы, а при сбросе давления из него выделяется растворенная компонента, которая осаждается в порах матрицы [2]. Этим методом, в частности, можно синтезировать различные катализаторы, наносить водоотталкивающие покрытия на ткани [1, 2], проводить другие виды обработки. Этот же метод позволит внести в структуру композитов органометаллический комплекс и получить электропроводный слой с минимальным увеличением массы изделия.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Билалов, Т. Р.** Процессы производства и регенерации катализаторов / Т. Р. Билалов, Ф. М. Гумеров // Термодинамические основы процессов производства и регенерации палладиевых катализаторов с использованием сверхкритического диоксида углерода. – Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011. – 153 с.
2. **Захаров, А. А.** Нанесение водоотталкивающего покрытия на ткани в среде сверхкритического диоксида углерода / А. А. Захаров, Т. Р. Билалов, Ф. М. Гумеров // Сверхкритические флюиды: теория и практика. – 2016. – Т. 11, № 2. – С. 39–52.

УДК 622.794.252

## ДЕКАНТЕРНАЯ ЦЕНТРИФУГА ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ НЕФТЕШЛАМА

Н. М. ТИЩЕНКОВ

Научный руководитель Л. А. ТИМОШЕНКО  
Филиал «Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
в г. Смоленске  
Смоленск, Россия

Декантерная центрифуга или декантер представляет собой горизонтально расположенную центрифугу с цилиндрически-коническим ротором для непрерывного отделения твердых веществ от суспензий с помощью шнека [1].

Данный вид оборудования благодаря своей простоте и эффективности получил широкое применение для утилизации нефтешлама. Нефтешламом называется физико-химическая смесь, в чьем составе находятся нефтепродукты, вода и механические частицы.

При прохождении нефтешлама через декантерную центрифугу из него удаляется основной объем механических примесей, в результате чего в смеси их остается минимальное количество, которое удаляется на второй ступени очистки с помощью фильтра. Для получения окончательного продукта необходимо обезвожить смесь, после чего нефтепродукт отправляется на НПЗ для дальнейшего «облагораживания» либо используется как котельное топливо [2].

Принцип работы оборудования следующий. Нефтешлам через трубу поступает во внутреннюю часть ротора. За счет действия центробежных сил, возникающих в результате вращения ротора, механические частицы практически мгновенно оседают на стенки ротора. Шнек, вращающийся с немного большей частотой, непрерывно перемещает примеси в коническую часть оборудования, где отделившиеся твердые частицы покидают внутреннюю часть ротора и попадают в бункер для их временного хранения. Жидкая фаза перемещается между витками шнека к концу цилиндрической части оборудования и отводится.

Основными достоинствами декантерной центрифуги является высокая степень очистки, небольшие габаритные размеры и небольшие потери нефтепродуктов.

Из вышесказанного следует, что декантерная центрифуга при небольших габаритных размерах имеет высокую производительность и степень очистки, что может сделать данное оборудование неотъемлемой частью технологического процесса по утилизации нефтешлама.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / Под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – 4-е изд. – Москва: Машиностроение 1985. – 496 с.
2. Переработка и утилизация нефтешламов резервуарного типа / В. С. Владимиров [и др.]. – Москва: Наука, 2005. – 192 с.

УДК 621.926.32

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ЭКСЦЕНТРИКОВОГО ВАЛА НА ПРОЦЕСС ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

Л. Л. СОТНИК, К. С. ВИННИЧЕК  
 Барановичский государственный университет  
 Барановичи, Беларусь

Проведенные теоретические и поисковые исследования [1] позволили установить, что на параметры процесса измельчения материалов существенное влияние оказывает частота вращения эксцентриквого вала, создающая вибрационное воздействие. Вибрационное воздействие может менять реологические свойства дисперсных сред, разрушая или ослабляя связи в них.

Вибрационное деформирование частиц осуществляется за счет эксцентриквого вала, вращающегося с различной частотой вращения  $n_{эк}$ .

С целью изучения влияния вибрационного воздействия на выходные показатели и определения оптимального их значения проведены исследования и изучены зависимости  $N$ ,  $Q = f(n_{эк})$  (рис. 1) при измельчении силвинита.

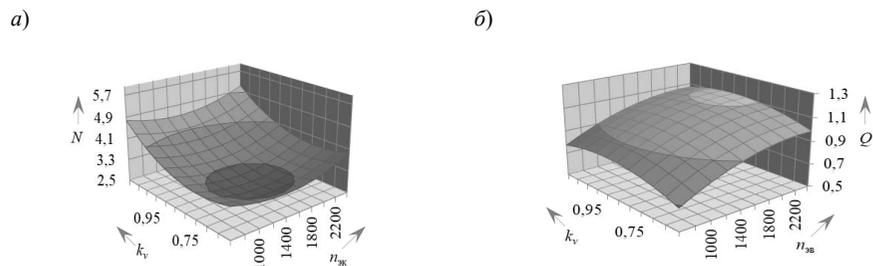


Рис. 1. Зависимости изменения потребляемой мощности привода (а) и производительности (б) от изменения частоты вращения эксцентриквого вала  $n_{эк}$

Как видно из графической зависимости (см. рис. 1) варьирование частотой вращения эксцентриквого вала  $n_{эк}$  меняет количественные параметры процесса измельчения: производительность  $Q$  возрастает с 0,941 до 1,105 т/ч на 17,4 %; потребляемая мощность привода  $N$  возрастает с 3,335 до 3,513 кВт на 5,3 % [1].

Таким образом, изменение частоты вращения эксцентриквого вала  $n_{эк}$  позволяет создать вибрационное воздействие на измельчаемый материал и тем самым повысить эффективность измельчения.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Интенсификация технологических процессов в аппаратах адаптивного действия: монография / Л. А. Сиваченко [и др.]; под науч. ред. Л. А. Сиваченко. – Барановичи: БарГУ, 2020. – 359 с.

УДК 621.763

ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛИМЕРНЫХ  
 КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ  
 СОСТАВА ФОТОПОЛИМЕРНАЯ СМОЛА/МАЛОСЛОЙНЫЙ ГРАФЕН,  
 ПОЛУЧЕННЫХ DLP-МЕТОДОМ 3D-ПЕЧАТИ

В. Э. СМИРНОВА, Е. И. КАЛАШНИКОВА,  
 А. А. ВОЗНЯКОВСКИЙ, Е. И. ЭЙСЫМОНТ  
 Научный руководитель С. В. КИДАЛОВ, канд. физ.-мат. наук  
 Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе РАН  
 Санкт-Петербург, Россия

Различные методы 3D-печати все активнее внедряются в современное материаловедение. Однако, каждый метод имеет свои достоинства и недостатки. Так, DLP-методика (DIGITAL LIGHT PROCESSING) 3D-печати основана на затвердевании фотополимерной смолы под воздействием внешнего излучения и позволяет получать изделия с точностью до десятков микрон. Конечные изделия обладают низкими прочностными свойствами, по сравнению с изделиями, полученными другими методами 3D-печати.

Цель работы – исследовать возможность повышения прочностных (твердость, прочность на изгиб) свойств конечных изделий, полученных методом DLP, путем добавления малослойного графена (МГ) в фотополимерную смолу. В качестве исходного материала была взята фотополимерная смола марки «Anycubic». МГ был синтезирован на основе метода самораспространяющегося высокотемпературного синтеза из целлюлозы [1]. Концентрация МГ не превышала 2 % масс. Печать производилась на 3D-принтере «Anycubic photon s» (Китай).

Установлено, что при оптимальной концентрации в 0,05 % масс. МГ возможно получить рост твердости по Бринеллю до 2 раз и рост прочности на разрыв до 36 % по сравнению с исходной смолой. При дальнейшем увеличении концентрации МГ роста свойств не происходило, что может быть связано с началом агрегации частиц МГ.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и БРФФИ № 20-53-04026.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Structure and Paramagnetic Properties of Graphene Nanoplatelets Prepared from Biopolymers Using Self-Propagating High-Temperature Synthesis / A. A. Vozniakovskii [et al.] // Journal of Structural Chemistry. – 2020. – Т. 61, №. 5. – С. 826–834.

УДК 621.9

## МЕХАНИЧЕСКИ ЛЕГИРОВАННЫЙ ПОРОШОК НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ ДЛЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

А. С. ФЕДОСЕНКО

Научный руководитель Ф. Г. ЛОВШЕНКО, д-р техн. наук, проф.  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Алюминиевые сплавы широко распространены во многих отраслях промышленности от классического машиностроения до передовых разработок в авиастроении. Их преимуществами являются достаточно низкая стоимость и высокая плотность, позволяющая значительно снизить массу конструкций.

В настоящее время алюминиевые сплавы активно внедряются в область производства изделий аддитивными технологиями. Одной из широко используемых композиций является сплав Al10SiMg. Материал представляет интерес благодаря относительно низкой температуре плавления и хорошей жидкотекучести, что позволяет получать изделия хорошего качества. К существенным недостаткам алюминиевых сплавов можно отнести относительно невысокую прочность, особенно литейных сплавов. Силумины, помимо низкой прочности, склонны к росту зерна, что может дополнительно снижать механические свойства изделий.

Одним из путей повышения свойств алюминиевых сплавов является измельчение зерна. С этой целью в их состав вводят легирующие добавки, однако это не всегда позволяет достичь желаемого результата. Дополнительное измельчение зерна можно получить, используя в качестве материала для построения изделия порошки, содержащие ультрадисперсные частицы термодинамически стабильных соединений. Одной из технологий, позволяющих получить такие материалы, является реакционное механическое легирование.

В результате проведения лабораторных исследований были получены механически легированные порошки, химический состав которых соответствует сплаву Al10SiMg. В процессе исследований было установлено влияние режимов механического легирования на форму и размер частиц синтезируемых порошков. Выявлено, что в отличие от других сплавов на основе алюминия, получаемых по технологии реакционного механического легирования, данная композиция не склонна к интенсивной грануляции. Обработка шихты в механореакторе при стандартных условиях (температура стенок механореактора не более 25 °С) позволяет получать порошки с размером частиц основной фракции 40...70 мкм. При этом установлено, что повышение температуры рабочей камеры до 40 °С ...50 °С способствует увеличению среднего размера частиц порошков в несколько раз.

Полученные результаты позволяют с уверенностью утверждать, что выбранная композиция является технологичной для изготовления механически легированных порошков пригодных в том числе для использования в области аддитивных технологий.

УДК 629.114.2:621.828.6

## К ВОПРОСУ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГРУНТОЗАЦЕПОВ КОЛЕСНЫХ И ГУСЕНИЧНЫХ ДВИЖИТЕЛЕЙ С ГРУНТОМ

В. В. ЛАСОЦКИЙ, Н. И. ЛАПИКОВА

Научный руководитель А. В. КУЛАБУХОВ, канд. техн. наук, доц.  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Увеличение силы тяги по сцеплению для колесных и гусеничных тягачей является важной задачей, имеющей большое практическое значение.

Известные методы расчета тягового усилия по сцеплению учитывают многие факторы: высоту и шаг расположения грунтозацепов, статическую осадку, грунтовые условия и т. д. Однако существующие методы не в полной мере рассматривают взаимодействие грунта с грунтозацепами и не связывают возникающие сопротивления с геометрическими параметрами грунтозацепов.

Такую задачу можно решить, приняв за основу методы расчета сопротивления грунта резанию, достаточно полно раскрывающие физическую природу разрушения грунта. Опираясь на такие исследования можно решать обратную задачу – определять геометрические параметры грунтозацепов, при которых сопротивление грунта резанию будет максимальным в конкретных условиях эксплуатации, и использовать эти результаты для их оптимизации с целью увеличения силы тяги машины по сцеплению.

При этом в отличие от резания грунта необходимо также рассматривать начальную фазу его разрушения, т. к. сопротивление грунта сдвигу может быть максимальным именно в этой фазе. В этом случае грунтозацеп можно представить в виде подпорной стенки, надвигающейся на грунт. Особенностью расчетов колесного движителя будет представление грунтозацепа в виде ломаной подпорной стенки вследствие изменения кривизны его граней под действием нагрузок.

Граничные условия на поверхности грунта будут известны. При не полностью заглубленном грунтозацепе они будут определяться давлением связности грунта, а при полностью заглубленном необходимо дополнительно учесть давление от внутренней опорной поверхности колеса или трака гусеницы. Используя зависимости теории предельного состояния грунтовых масс, можно рассчитать предельное давление на грунтозацеп и исследовать влияние его параметров, а следовательно, и оптимизировать его геометрические размеры для увеличения силы тяги по сцеплению.

Предварительно проведенные расчеты подтверждают перспективность принятого направления исследования. Только за счет изменения углов наклона граней грунтозацепа можно увеличить силу тяги по сцеплению до 9 %...10 % без изменения остальных свойств движителей.

УДК 621.926

### МОЛОТКОВАЯ ДРОБИЛКА ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПОКРЫШЕК

Н. В. КУРОЧКИН, Р. А. ПЕХТЕРЕВ  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

В существующих технологических комплексах по переработке отработанных автомобильных шин и покрышек механическим способом существенную сложность вызывает процесс измельчения. Это связано с тем, что автомобильные покрышки состоят из резины, металла и текстиля (корда). В связи с этим существует острая необходимость в разработке специализированного оборудования, позволяющего не только эффективно измельчать исходное сырье, но и отделять материалы друг от друга для получения на выходе продукта высокого качества.

Для реализации процесса дробления и сортировки компонентов автомобильных покрышек предлагается использовать молотковую дробилку с наклонным корпусом (рис. 1).

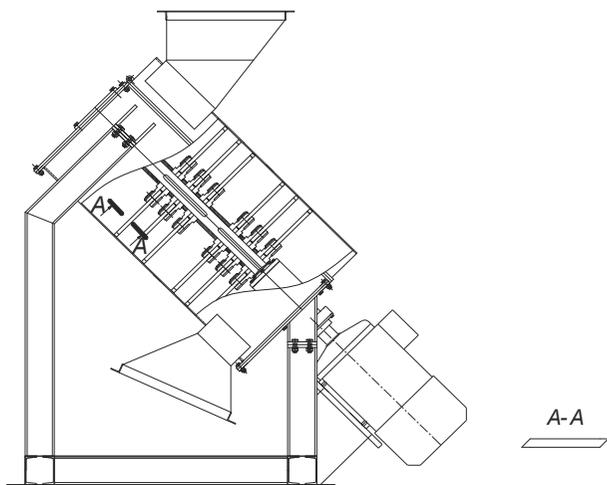


Рис. 1. Молотковая дробилка для переработки автомобильных покрышек

Особенностью данной конструкции является наклонное исполнение рабочей камеры, позволяющее увеличить время нахождения обрабатываемого материала в зоне измельчения и повысить эффективность измельчения. С целью повышения ресурса рабочих органов, ударные элементы выполнены обоюдоострыми, что позволяет в случае износа рабочей поверхности реверсировать электродвигатель и продолжить работу без замены ударных элементов.

УДК 537.567

### К ВОПРОСУ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГЕНЕРАЦИИ ПЛАЗМЫ В РАЗРЯДНОЙ КАМЕРЕ ИСТОЧНИКАХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ С ПЛАЗМЕННЫМ ЭММИТЕРОМ

Д. В. ШИДЛОВСКАЯ, Ю. В. ШИЁНОК  
Научный руководитель Д. А. АНТОНОВИЧ, канд. техн. наук, доц.  
Витебский государственный университет имени П. М. Машерова  
Витебск, Беларусь

Взаимодействие металла с пучком ионов – это процесс многофакторный, который приводит как к перераспределению тепла и частиц внутри металла (процессы теплообмена), так и к ионной имплантации и квантовым эффектам, сопровождающимся столкновением ионов. На характеристики изделия, взаимодействующего с ионным пучком (как физико-химические, так и механические), будет оказывать влияние результат указанных выше эффектов [1]. Следовательно, управление процессом образования ионного пучка, его характеристиками, взаимодействием его с веществом позволит существенно снизить затраты на получение новых материалов и увеличить спектр получаемых материалов на существующем оборудовании.

Несмотря на то, что проблематика исследования плазмы и ее взаимодействия с металлами существует уже значимое время, единой физической и, как следствие, математической модели, описывающей данные явления, не существует.

То есть для расчета в основном используются численные методы, такие как методы молекулярной динамики, Монте-Карло, крупных частиц, и методы, основанные на магнитогидродинамическом описании плазмы. Так как в своей работе мы планировали осуществлять моделирование процессов генерации плазмы, ее управления и взаимодействия с изделием, то в качестве метода расчёта был выбран метод крупных частиц. Начальное состояние в рамках данного метода определяли на основании термодинамического равновесия. В узлах сетки на основании функции распределения получили начальное распределение макрочастиц и их скорости. Рассчитывали их поведение в полях, формировали их технологическими параметрами и геометрией установки.

В своей работе мы основывались на методе крупных частиц и кинетическом описании плазмы на основе 3D-модели установки и ее технологических параметрах, моделировали процесс генерации плазмы и ее последующего управления внешними электрическими и магнитными полями.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Иванов, В. Я.** Новый подход к решению задач взаимодействия заряженных частиц с электромагнитным полем / В. Я. Иванов // Прикладная физика. – 1997. – № 2–3. – С. 128–136.

### КОНТРОЛЬ ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕЛА ТРУБЫ ПРИ СВАРКЕ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Н. К. БОБКОВ, Е. Л. БОЛОТОВА

Научный руководитель С. В. БОЛОТОВ, канд. техн. наук, доц.  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Операционными технологическими картами на сборку и ручную дуговую сварку кольцевых стыков магистральных трубопроводов предусмотрено, что температура на кромках труб перед сваркой корневого шва (выполнением прихваток) должна быть не ниже 50 °С, а межслойная температура должна составлять не менее 50 °С и не более 250 °С. Контроль температуры тела трубы реализован в регистраторе сварочных процессов РСП-БРУ-01.

Температура фиксируется с помощью термопары ДТПК014-00.25/2, устанавливаемой на поверхности свариваемого изделия. Термопара имеет диапазон измерения температуры от -40 °С до +300 °С и подключается к пульту сварщика, являющегося составной частью регистратора сварочных процессов, через специальный разъем. Для усиления регистрируемой термоЭДС использована микросхема MAX31855 с цифровым выходом и компенсацией холодного спая. Питание микросхемы осуществляется стабилизированным напряжением +3,3 В. Сигнал с выхода преобразователя MAX31855 по протоколу SPI поступает на контроллер Arduino UNO и отображается на жидкокристаллическом индикаторе WH1604A. Пульт сварщика позволяет также регистрировать температуру и влажность окружающего воздуха датчиком DHT22, переключать сварочные слои с помощью кнопок и выполнять световую и звуковую сигнализацию с использованием извещателя РК-27A35EPDGQ.

Контроль температуры предварительного подогрева и межслойной температуры осуществляется в следующей последовательности: сварщик проходит идентификацию на регистраторе сварочных процессов с помощью удостоверения с RFID-меткой, выбирает задание на сварку, введенное руководителем сварочных работ, производит предварительный нагрев кромок перед сваркой корневого слоя, устанавливает термопару на поверхность трубы и фиксирует её температуру, нажимая кнопку «Ввод» на пульте сварщика. Если температура выходит за установленные операционной технологической картой пределы, на дисплее появляется соответствующее сообщение и включается сигнализация. Контроль межслойной температуры выполняется в процессе сварки, при этом термопара устанавливается на расстоянии 50 мм от сварного шва и перемещается сварщиком вдоль стыка после полного расплавления каждого электрода. Снимаемая температура пересчитывается в межслойную по заложенным в регистраторе зависимостям.

Калибровка регистраторов РСП-БРУ-01 в Могилёвском центре стандартизации, метрологии и сертификации показала, что отклонение показаний калибруемых средств измерений не превышает  $(3,5 \pm 1,5)$  °С.

### ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС МЕХАНИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОТРАБОТАННЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПОКРЫШЕК

Н. В. КУРОЧКИН, Н. С. БУКАРЬ

Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Ежегодно в Республике Беларусь образуется более 65 тыс. т изношенных автомобильных покрышек. На сегодняшний день изношенные шины и покрышки как правило сжигают на цементных заводах в качестве топлива, нанося при этом серьезный урон окружающей среде. В связи с этим вопрос по созданию предприятий и комплексов экологичной утилизации отработанных шин и покрышек является острым и актуальным. В последнее время набирает популярность механический способ переработки отработанных шин, в результате которого образуются три отдельных компонента: резиновая крошка, металлический корд и текстиль. Данный способ является экологичным, т. к. полученные компоненты будут использованы в качестве вторичного сырья.

С целью дальнейшего совершенствования технологий механической переработки изношенных автомобильных покрышек предлагается технологическая схема, представленная на рис. 1.

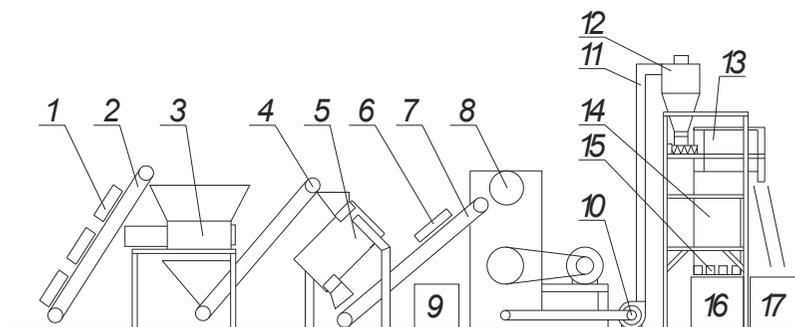


Рис. 1. Технологическая схема механической переработки отработанных автомобильных покрышек: 1 – покрышки; 2, 4, 7 – ленточный транспортер; 3 – шредер двухвалковый; 5 – молотковая дробилка; 6 – магнитный сепаратор транспортного типа; 8 – магнитный сепаратор барабанного типа; 9 – бункер металлоключений; 10 – вентилятор; 11 – пневмотранспорт; 12 – циклон; 13 – сепаратор гравитационный; 14 – аэросепаратор; 15 – магниты контрольные; 16 – резиновая крошка; 17 – отделенный текстиль

Главным конечным продуктом комплекса по переработке автомобильных покрышек является резиновая крошка, которая может быть применена для изготовления новых автомобильных покрышек, а также в качестве добавки в асфальтобетонную смесь.

УДК 622.674:622.25:620.178 (043.2)

## ПРИЧИНЫ ИЗНАШИВАНИЯ АРМИРОВКИ ШАХТНОГО СТВОЛА

Е. В. КОДНЯНКО<sup>1</sup>Научный руководитель Д. А. ЧЕРНОУС<sup>2</sup>, канд. техн. наук, доц.<sup>1</sup>ЗАО «Солигорский Институт проблем ресурсосбережения

с Опытным производством»

Солигорск, Беларусь

<sup>2</sup>Белорусский государственный университет транспорта

Гомель, Беларусь

Эффективность работы горнодобывающего предприятия зависит от надежности работы шахтного ствола, работоспособность армировки которого является одним из важнейших показателей надежности и безаварийности.

В процессе эксплуатации армировки шахтных стволов калийных рудников происходит коррозионный и металлический износ проводников и расстрелов. При износе элементов армировки изменяется фактическая толщина стенок направляющих проводников и расстрелов, что снижает жесткость всей системы армировки. Своевременная замена проводников и расстрелов предотвращает возникновение аварийных ситуаций.

Искавление профиля проводников происходит в лобовой и боковой плоскостях независимо друг от друга. Восстановление прямолинейности проводников при плановых ремонтных работах в боковой плоскости осуществляется путем их параллельного смещения вдоль несущих расстрелов с узлами закрепления без каких-либо принципиальных трудностей. Спрявление проводника в лобовой плоскости, без нарушения целостности расстрела или его перекрепления в крепи ствола, возможно только в сторону сужения колеи с использованием дополнительных прокладок между проводником и расстрелом. В сторону уширения смещение возможно только подрезанием полки расстрела, что приводит к его ослаблению, или путем перекрепления всего расстрела, что требует больших затрат и времени.

Если деформации подвержен протяженный участок армировки, то смещение одного проводника в сторону сужения колеи неизбежно приводит к необходимости смещения противостоящего проводника в сторону уширения, т. е. сопряжено с большими техническими сложностями. Поэтому на практике стволы эксплуатируются со значительными лобовыми отклонения систем проводников от вертикали в лобовой плоскости в районе зоны сдвижения горных пород.

Зачастую при эксплуатации направляющих устройств при заштыбовке пылью подшипника или искривлении его оси в результате удара о жесткий проводник происходит частичное, а потом и полное заклинивание ролика качения, далее начинается интенсивный износ резинового обода ролика и начинает работать башмак, который не демпфирует колебания, и в местах искривления проводников начинается интенсивный износ лобовой поверхности проводника.

УДК 621.791.763.2

## ИЗГОТОВЛЕНИЕ ИЗДЕЛИЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ МЕТОДАМИ ДУГОВОЙ АДДИТИВНОЙ НАПЛАВКИ

И. М. БУРЕЙ, Н. М. ШУКАН, В. П. ДОЛЯЧКО

Научный руководитель А. О. КОРОТЕЕВ, канд. техн. наук, доц.

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

В настоящее время перспективным направлением создания изделий сложной формы является аддитивный синтез на основе трехмерных технологий с использованием селективного лазерного спекания специальных порошковых материалов. Такая технология позволяет создавать изделия с достаточно высокой точностью прототипирования, но вместе с тем обладает рядом недостатков. Наиболее существенным из них является обеспечение требуемого комплекса механических характеристик и эксплуатационных свойств изделий, особенно при использовании специальных сплавов. В ряде случаев такая технология требует дополнительных технологических операций для придания требуемого комплекса свойств, а зачастую и вовсе невыполнима.

Одним из решений данной проблемы является использование дуговых сварочных технологий послойного создания изделия методами наплавки. Однако для ряда материалов, обладающих повышенной жидкотекучестью и высокой теплопроводностью, такая технология усложняется. При изготовлении тонкостенных деталей возникает сложность обеспечения стабильного состояния ванны расплавленного металла на торце наплавки.

Наиболее сложными с этой точки зрения являются алюминиевые сплавы, для которых характерны не только указанные особенности, но и наличие окисной пленки на поверхности, обладающей высокой температурой плавления и затрудняющей сплавление отдельных валков наплавки.

Была разработана технология, позволяющая эффективно применить дуговую наплавку при создании алюминиевых изделий сложной геометрии методами аддитивного послойного синтеза. Сущность технологии заключается в использовании контролируемого тепловложения в основной металл с цифровым управлением силой сварочного тока и реверсивной подачей сварочной проволоки на базе технологии СМТ Fronius. Это позволило существенно повысить коэффициент наплавки, не перегревая при этом предыдущие слои, за счет перехода расплавленного металла капли в сварочную ванну при минимально возможном значении силы сварочного тока. Изготовление изделия потребовало около одного часа (рис. 1).



Рис. 1. Внешний вид дуговой аддитивной наплавки

УДК 621.791.763.2

### О ВЫБОРЕ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА РЕЛЬЕФНОЙ СВАРКИ С АДАПТИВНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ МОЩНОСТЬЮ ТЕПЛОВЛОЖЕНИЯ

И. А. НАУМОВЕЦ, Л. С. МАЛАШЕНКО

Научный руководитель С. М. ФУРМАНОВ, канд. техн. наук, доц.  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Основными параметрами режима рельефной сварки с адаптивным управлением мощностью тепловложения являются: ток (мощность) при подогреве  $I_{\text{под}}$  ( $P_{\text{под}}$ ) и сварке  $I_{\text{св}}$  ( $P_{\text{св}}$ ); усилие сжатия электродов при подогреве  $F_{\text{под}}$  и сварке  $F_{\text{св}}$ ; времена подогрева  $\tau_{\text{под}}$ , нарастания мощности  $\tau_{\text{нар}}$  от подогрева до сварки и протекания максимального сварочного тока  $\tau_{\text{св}}$ ; величина  $h_{\text{эл}}$  и скорость  $v_{\text{св}}$  перемещения подвижного электрода.

Мощность  $P_{\text{под}}$  и усилие  $F_{\text{под}}$  оказывают решающее влияние на плавность прохождения процесса сварки и формирование качественного соединения. Уменьшение усилия  $F_{\text{под}}$  требует пропорционального снижения  $P_{\text{под}}$  для регулирования степени разогрева контактов во избежание выплесков в процессе сварки. При подогреве происходит определенное перемещение подвижного электрода, связанное с начальной деформацией рельефа. Эту величину можно использовать для определения момента начала нарастания мощности от  $P_{\text{под}}$  до  $P_{\text{св}}$  и усилия сжатия от  $F_{\text{под}}$  до  $F_{\text{св}}$ .

В процессе рельефной сварки пластины толщиной 4 мм (сталь Ст3пс) с винтом М8 с потайной головкой (ГОСТ 17475–80) задавались следующие параметры режима:  $\tau_{\text{под}} = 0,3$  с;  $\tau_{\text{нар}} = 0,2$  с;  $\tau_{\text{св}} = 0,2$  с;  $I_{\text{св}} = 19...20$  кА;  $F_{\text{под}} = F_{\text{св}} = 7900$  Н. С целью регулирования степени разогрева межэлектродной зоны изменялась величина тока подогрева:  $I_{\text{под}} = 6; 7,5; 10; 12$  кА.

При токе  $I_{\text{под}} = 6$  кА перемещение электрода за время  $\tau_{\text{под}}$  составляло  $h_{\text{эл.под}} = 20...32$  мкм, при выходе на сварочный ток  $I_{\text{св}}$  скорость перемещения электрода достигала  $v_{\text{св}} = 22...25$  мм/с при появлении сильных выплесков расплавленного металла, что говорит о неэффективности подогрева. При токе подогрева  $I_{\text{под}} = 7,5$  кА перемещение электрода составляло  $h_{\text{эл.под}} = 32...44$  мкм, скорость при максимальном токе  $I_{\text{св}}$  достигала  $v_{\text{св}} = 21...22$  мм/с, также наблюдались выплески расплавленного металла, что говорит о недостаточной деформации рельефа на стадии подогрева.

При токе  $I_{\text{под}} = 10$  кА перемещение электрода при подогреве составляло  $h_{\text{эл.под}} = 40...130$  мкм, скорость его перемещения при максимальном токе  $I_{\text{св}}$  достигала  $v_{\text{св}} = 21...22$  мм/с, вероятность появления выплесков значительно снизилась, что говорит об оптимальных параметрах подогрева.

При токе подогрева  $I_{\text{под}} = 12$  кА перемещение электрода составляло  $h_{\text{эл.под}} = 155...290$  мкм, скорость перемещения электрода при токе  $I_{\text{св}}$  достигала  $v_{\text{св}} = 17...18$  мм/с, что говорит о чрезмерной деформации рельефа на стадии подогрева, увеличении площади контакта рельефа с пластиной, снижении плотности тока при сварке и возможности несправки соединения.

УДК 621.791.763.2

### ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ РЕЛЬЕФНОЙ СВАРКЕ С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ МОЩНОСТЬЮ ТЕПЛОВЛОЖЕНИЯ

Д. Н. ЮМАНОВ, Е. М. КОРОЛЕВ

Научный руководитель С. М. ФУРМАНОВ, канд. техн. наук, доц.  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Для оценки особенностей формирования соединений при рельефной сварке были проведены металлографические исследования Т-образных соединений с рельефом типа «острая грань» винта М8 и пластины (сталь Ст3пс), полученных на контактной машине МТ-3201 с серийной аппаратурой для управления процессом сварки (регулятор контактной сварки РКС-801) и с использованием системы программного управления мощностью тепловложения, интегрированной в машину для контактной сварки «Оливер» МТ-40.

Подготовка образцов для металлографических исследований была выполнена по стандартным методикам, а выбор реактива для травления произведен в соответствии с рекомендациями, описанными в СТБ CR 12361–2013.

При сварке с использованием серийного оборудования (рис. 1, а, б) наблюдалось несплавление по всему периметру сварного соединения. Это связано с тем, что в процессе сварки значительный объем расплавленного металла удаляется из зоны соединения с выплеском. В сварных соединениях, полученных с системой программного управления, наблюдается общая литая структура и отсутствие дефектов. Регулируемое нарастание мощности тепловложения позволило избежать выплеска металла при сварке, что способствует формированию благоприятной структуры металла сварного соединения (рис. 1, в, з).

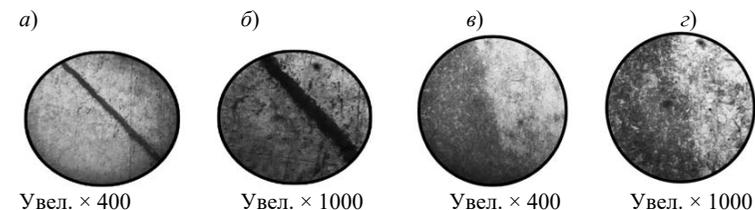


Рис. 1. Линия сплавления Т-образных соединений, полученных рельефной сваркой на серийном оборудовании (контактная машина МТ-3201 и регулятор РКС-801) (а, б) и на машине контактной сварки «Оливер» серии МТ-40 с компьютерной системой программного управления (в, з)

По результатам металлографических исследований определено, что применение системы программного управления мощностью тепловложения при контактной рельефной сварке положительно влияет на формирование структуры сварного соединения.

ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ ТРУБОПРОВОДА  
С ВНУТРЕННИМ ПОЛИМЕРНЫМ ПОКРЫТИЕМ

Н. М. ШУКАН, А. Н. ЖАРИКОВ

Научный руководитель А. Г. ЛУПАЧЕВ, канд. техн. наук, доц.  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Современная промышленность немыслима без трубопроводов, применяемых для транспортировки различных газов и жидкостей. Актуальной задачей является повышение гарантированного срока службы и безопасной эксплуатации таких изделий, особенно в нефтеперерабатывающей отрасли.

Высококачественная сварка трубопроводов является одной из главных технологических задач. Трубы могут изготавливаться не только из одного материала (сталь, медь и др.), но и из композиций сплавов для увеличения срока службы и улучшения эксплуатационных характеристик. Перспективным направлением является использование внутренних и наружных полимерных покрытий, которые не только защищают основной материал трубы от контакта с агрессивной средой, существенно продлевая срок ее службы и повышая уровень безопасности, но и за счет низкого коэффициента трения снижают затраты на транспортировку продукта. Вместе с тем сварка стыков таких трубопроводов сопряжена со значительными сложностями. Околошовное пространство при сварке разогревается до температур, при которых полимерное покрытие либо сгорает, либо существенно деформируется и оплавляется настолько, что перестает выполнять свои функции. Соответственно, требуется разработка специальных технологий сварки стыка и применение оборудования, при котором не только будет достигнуто требуемое качество сварного шва, но и обеспечено минимальное тепловложение в основной металл.

Автоматизированная сварка в среде защитных газов с импульсной реверсивной подачей проволоки и синергетическим цифровым управлением параметрами режима является наиболее перспективной по качеству и скорости выполнения работы. Кроме того, способ характеризуется существенно меньшим тепловложением, что благоприятно сказывается на сохранении внутреннего защитного покрытия трубы. Особое внимание стоит уделить корневому шву, поскольку при его заварке расплавленный металл сварочной ванны непосредственно контактирует с внутренней поверхностью трубопровода и полимерным покрытием.

Данный метод позволил осуществить заварку корня шва на существенно меньших режимах. Так, зона распространения предельной температуры снизилась в 1,5–2 раза. Поскольку общая температура нагрева ниже, то уменьшается время остывания перед последующими слоями, что снижает общее время сварки стыка и повышает производительность.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНЫХ СВАРОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ  
ПРИ ПОДВОДНОЙ МОКРОЙ СВАРКЕ ВЫСОКОПРОЧНОЙ СТАЛИ

В. Е. НИКУЛИН, А. М. ЛЕВЧЕНКО

Научный руководитель С. Г. ПАРШИН, д-р техн. наук, проф.  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого  
Санкт-Петербург, Россия

Для снижения остаточных напряжений при подводной мокрой сварке применяется оптимизация термического цикла сварки путем изменения химического состава присадочного материала и термообработка. Таким образом, можно управлять процессом распада аустенита и образованием мартенсита для релаксации растягивающих напряжений. Оценить эффективность снижения остаточных сварочных напряжений можно с помощью различных способов неразрушающего контроля.

Метод рентгеновской дифракции (XRD – X-Ray diffraction) позволяет оценить степень деформации кристаллической решетки по смещению дифракционных пиков и, как следствие, определить уровень остаточных напряжений первого рода.

После наплавки, выполненной на воздухе и под водой с помощью порошковой проволоки в автоматическом режиме, был применен метод рентгеновской дифракции (XRD) совместно с магнитоанізотропным методом (MAM) как дополнительным экспресс-способом определения остаточных напряжений. Сопоставительные результаты представлены на рис. 1.

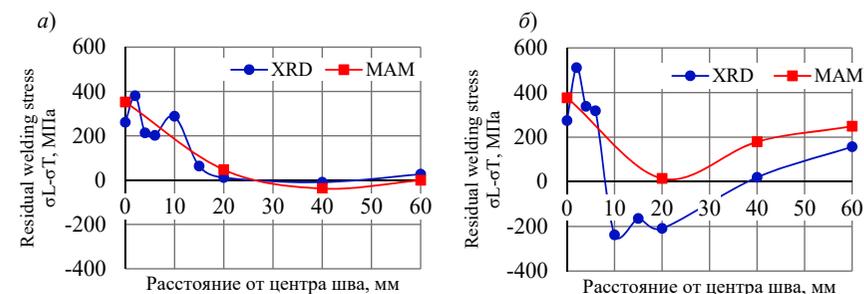


Рис. 1. Остаточные сварочные напряжения: а – при сварке на воздухе; б – при сварке под водой

Применение рентгеновской дифракции и магнитоанізотропного метода позволило определить величину остаточных напряжений после наплавки порошковой проволоки на поверхность листа из высокопрочной стали. Установлено, что максимальные остаточные растягивающие напряжения после наплавки под водой достигли 578 МПа, что значительно превышает остаточные напряжения на воздухе при одинаковых параметрах сварки.

УДК 621.791

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ  
МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА  
КОНТАКТНОЙ РЕЛЬЕФНОЙ СВАРКИ Т-ОБРАЗНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

П. А. РЕЕНТОВИЧ, Е. Д. КУКУШКИН

Научный руководитель С. В. БОЛОТОВ, канд. техн. наук, доц.  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Обеспечение качества соединений, выполняемых контактной рельефной сваркой, невозможно без правильного выбора параметров режима. В литературе можно встретить таблицы с рекомендуемыми для различных материалов и толщин свариваемых деталей значениями сварочного тока и времени его протекания, усилия сжатия электродов. Данные рекомендации относятся преимущественно к контактной точечной сварке и не учитывают специфику рельефной сварки.

Было разработано программное обеспечение в среде LabVIEW, позволяющее реализовать методику расчета требуемой величины сварочного тока при рельефной сварке соединений с разной формой сферического выштампованного рельефа (с точечной вершиной, с плоским верхом) при регулируемом вводе энергии в межэлектродную зону за счет задания многоступенчатого импульса переменного тока. Данная методика позволяет использовать закон Джоуля – Ленца для расчета требуемой величины тока без предварительной экспериментальной оценки величины сопротивления межэлектродной зоны, а также дает возможность разрабатывать комбинации значений «задаваемый ток – вводимая энергия» в рамках обеспечения расчетного значения энергии, вводимой в межэлектродную зону, определяемой в соответствии с общепринятым уравнением теплового баланса.

Программа позволяет определять параметры режима сварки: действующие значения импульсов сварочного тока и времени их протекания в зависимости от материала и толщины свариваемых деталей, электродов, размера и формы рельефов. На основе уравнения теплового баланса проводится расчет энергии, необходимой для ввода в межэлектродную зону,  $Q_{ЭЭ}$ . Усилие сжатия электродов  $F_{СВ}$  определяется с учетом установленных зависимостей между ним и энергией  $Q_{ЭЭ}$ . Определение значения сопротивления межэлектродной зоны  $R_{ЭЭ}$ , необходимого для расчёта сварочного тока, производится по графику зависимости  $R_{ЭЭ} = f(F_{СВ})$  для данного материала и диапазона толщин свариваемых деталей.

При работе сварочных систем с автоматической корректировкой теплового вложения программное обеспечение дает возможность вводить в межэлектродную зону расчетную величину энергии при наличии возмущающих воздействий: колебания сетевого напряжения, разная степень зачистки деталей, отклонения формы однотипных рельефов, тепловое расширение металла, инерционность привода сжатия сварочной машины.

УДК 621.791.763.2

ВЛИЯНИЕ ВВЕДЕНИЯ ГЕКСАФТОРИДА СЕРЫ  
В ЗАЩИТНУЮ АТМОСФЕРУ ПРИ СВАРКЕ  
НА УРОВЕНЬ ДЕФЕКТНОСТИ СВАРНОГО ШВА

Е. А. ФЕТИСОВА, А. А. КОРОТЕЕВА

Научный руководитель В. П. КУЛИКОВ, д-р техн. наук, проф.  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Возникновение дефектов при сварке плавлением во многом зависит от режимов сварки, качества присадочного материала и состава защитной среды. При этом такие дефекты, как трещины и поры, образуются главным образом из-за попадания в зону сварки кислорода и водорода. Перспективным путем подавления водорода в зоне сварки является введение в газовую защиту  $SF_6$ . Наличие фтора позволит связать водород и вывести его из сварочной ванны.

Были проведены сравнительные исследования дефектности сварных соединений высокопрочной стали S700, выполненных механизированной сваркой в среде  $Ar + CO_2$  и с добавлением до 2 %  $SF_6$  ( $Ar + CO_2 + SF_6$ ).

Образцы были испытаны на статический изгиб с использованием четырехточечной схемы нагружения на разрывной машине PGM-1000 1M до появления первой трещины. При этом на протяжении всего испытания фиксировалось значение нагрузки, действующей на образец. После этого образцы разгружались и выполнялись визуальный и цветной капиллярный методы контроля. Фиксировалось не только наличие поверхностных, но и суммарная длина всех выявленных дефектов.

Установлено, что количество дефектов в образцах, сваренных с добавлением  $SF_6$ , на 10 %...50 % меньше, чем при сварке в смеси  $Ar + CO_2$ . При этом суммарная длина дефектов уменьшалась с ростом значения силы сварочного тока. Значение изгибающих усилий, при которых возникают первые трещины, больше для образцов, сваренных с добавлением  $SF_6$ . При этом с ростом силы сварочного тока эти значения повышаются как для образцов, сваренных в смеси  $Ar + CO_2$ , так и с добавлением гексафторида серы ( $SF_6$ ).

Результаты экспериментов также показали, что введение при сварке в состав газовой защиты гексафторида серы  $SF_6$  уменьшает возникновение пористости в металле шва. При этом суммарная длина дефектов уменьшается с ростом силы сварочного тока. Например, при силе тока 200 А значение  $L$  составляет 90 и 80 мм для  $Ar + CO_2$  и  $Ar + CO_2 + SF_6$  соответственно, а при значении 300 А – снижаются до 30 и 15 мм соответственно.

Объяснить данный факт можно увеличением площади сечения шва при росте силы сварочного тока. В результате при приложении нагрузки наличие мелких дефектов не так сильно ослабляет рабочее сечение соединения. Первая трещина появляется в швах, выполненных при сварке с меньшим значением силы тока и с меньшей нагрузкой, действующей на образец во время испытаний.