

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

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Материалы Международной
научно-технической конференции
молодых ученых
(Могилев, 26–27 октября 2023 года)

Могилев
«Белорусско-Российский университет»
2023

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. *С. В. Данилов*; канд. техн. наук, доц. *Н. А. Коваленко*; канд. техн. наук, доц. *А. С. Коваль*; канд. техн. наук, доц. *А. О. Коротеев*; канд. техн. наук, доц. *И. В. Лесковец*; канд. физ.-мат. наук, доц. *И. И. Маковецкий*; 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. Шеменков*; 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, 2023. – 195 с.: ил.
ISBN 978-985-492-302-4.

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 978-985-492-302-4

© Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования «Белорусско-Российский университет», 2023

Научное издание

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Материалы Международной
научно-технической конференции
молодых ученых
(Могилев, 26–27 октября 2023 года)

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

Корректоры *И. В. Голубцова, А. А. Подошево*

Компьютерный дизайн *Н. П. Полевничая*

Подписано в печать 20.10.2023. Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. 11,39. Уч.-изд. л. 12,19. Тираж 25 экз. Заказ № 1135.

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.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЯЗЫКОВОГО ОБУЧЕНИЯ В ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ БУДУЩЕГО

Г. К. УЗБЕКОВА, М. Э. АМАНОВ

Туркменский государственный архитектурно-строительный институт
Ашхабад, Туркменистан

В технических вузах отношение студентов к предметам общего назначения, в особенности к гуманитарным дисциплинам, второстепенно. Проблема изучения иностранных языков особенно актуальна. Поэтому сегодня вопрос о формировании мотивации к языковому обучению требует немалых усилий. В эпоху цифровизации общества, технической революции идет активная интеграция инновационных технологий в процесс образования (мультимедийное оборудование, компьютерные технологии и т. п.). При изучении иностранных языков геймификация стала эффективным методом повышения вовлеченности и мотивации учащихся. Этот подход может быть особенно полезен при изучении английского языка, когда учащиеся могут столкнуться с трудностями в сохранении мотивации и вовлеченности в изучение материала.

Геймификация стала влиятельным образовательным подходом, который интегрирует игровые элементы в традиционную среду обучения. В последние годы он привлек к себе значительное внимание благодаря своему потенциалу повышения вовлеченности, мотивации и результатов обучения учащихся, о чем свидетельствуют и проведенные исследования (Дичева и др., 2015; Ландерс, 2014). Особенно это актуально при изучении английского языка. Включение игрового элемента в процесс изучения языка (при этом учащиеся могут погрузиться в интерактивный опыт) является стимулом при освоении английского языка. Игровая среда обучения способствует развитию критического мышления и формированию навыков решения проблем через решение языковых задач и головоломок. Благодаря этому наблюдается улучшение когнитивных способностей учащихся. Кроме того, они учатся применять полученные языковые знания на практике.

Геймифицированная среда, включающая такие элементы, как задача, отслеживание прогресса и получение вознаграждения, формирует у учащихся умение ставить перед собой цели, определять пути их достижения и получать результат. Благодаря этому задействуется внутренняя мотивация и развивается чувство автономии, компетентности и связанности, как предполагает теория самоопределения (Ryan & Deci, 2000).

Следовательно, учащиеся активно участвуют в процессе изучения языка.

СОДЕРЖАНИЕ

Пленарное заседание	
ПОТАПОВ В. А. Цепные агрегаты и основные подходы к их проектированию.....	13
РАБЫКО М. А., ДУДКИНА С. С., ШЕМЕНКОВ В. В. Упрочнение штамповой оснастки тлеющим разрядом с прикатодным магнитным полем.....	16
ШНИП Д. В. Анализ состояния рынка и перспективы развития автономных мобильных транспортных средств на базе электропривода и микропроцессорных систем управления.....	20
 Секция 1. Технология и оборудование машиностроения, автоматизация технологических процессов и производств, мехатроника и робототехника	
АКИМОВ А. И. Математическое моделирование процесса полимеризации композиционных материалов в установках автоматического ведения технологических процессов.....	26
БЕРСЕНЕВ К. А. Кинематика роботизированной обработки шатунной шейки коленчатого вала.....	27
ГОРТАЕВА А. С., МАЛИНОВСКИЙ Н. Ю., ДОБРОВОЛЬСКИЙ А. Д. Зависимость шероховатости обрабатываемой поверхности от скорости вращения инструмента при упрочнении валов.....	28
ИЛЮШИН И. Э. Метод компьютерного моделирования сборочных роботизированных систем.....	29
КОДНЯНКО М. Ю. Расчет воздействия ветровых нагрузок на оттяжки вышки буровой установки.....	30
КРЕМЕНЕЦКИЙ Л. Л. Морфология и химический состав поверхности титанового сплава при шлифовании в различных условиях.....	31
ЛИПАТОВА М. А. Перспективы картофелеводства в РФ.....	32
ПОДСОСОННАЯ А. Д. Изучение влияния кальцийсодержащих добавок на физико-химические свойства керамики на основе гидроксипатита.....	33
САСКОВЕЦ К. В., РЫЖАНКОВ В. А. Проблемы метода сегментирования при 3D-сканировании тонкостенных деталей.....	34
СИНЮКОВИЧ А. А. Автоматизация технологических процессов контроля качества продукции LLC «NOVUS INDUSTRY».....	35
ТАРАДЕЙКО М. В. Рекомендации по проектированию магнитных систем инструментов для импульсно-ударного накатывания.....	36
ХУБАТХУЗИН А. А. Формирование диффузионных слоев на поверхности металлов с помощью высокочастотного разряда.....	37
ЦАРАНОВ В. В. Анализ алгоритмов управления движением мобильного робота.....	38

ЦАРАНОВ В. В. Способы управления мобильным роботом.....	39
ЮМАНОВА А. Н. Особенности математического моделирования влияния частоты горения тлеющего разряда на глубину поверхностного слоя стальных изделий с применением специального пакета программ.....	40
ЮРКЕВИЧ Б. С., БОЧКАРЕВ С. С., КУРБАННАЗАРОВ А. Ш. Влияние кинематической погрешности на КПД планетарных шариковых и роликовых передач.....	41
ЮРКЕВИЧ Б. С., БОЧКАРЕВ С. С., КУРБАННАЗАРОВ А. Ш. Динамическая модель для расчета кинематической погрешности планетарной шариковой передачи.....	42
Секция 2. Механика машин и механизмов	
ГОРДЮК Т. С., АЛЕШКЕВИЧ Д. М. Анализ точности рычажных механизмов.....	43
ЗЫЛЬ А. С. Компьютерное моделирование циклоидально-цевочной передачи с двухвенцовым сателлитом.....	44
ЛУСТЕНКОВА Е. С. Влияние угла подъема беговых дорожек на КПД передач с промежуточными телами качения.....	45
ОПАРИНА Е. В. Исследование кинематики пространственного манипулятора.....	46
ШИШОВ Н. В. Оценка усталостной выносливости металлоконструкции мостового однобалочного крана.....	47
Секция 3. Технологии получения и обработки новых материалов и покрытий	
АДИНЦОВ Д. Д. Сравнение результатов натурных и виртуальных испытаний на растяжение образцов из ABS-пластика.....	48
АНДРЕЕВ И. К., ОЛЕНЦЕВИЧ А. С., СЕЛИВАНОВА Ю. В. Металлокерамические порошки на основе системы $Al_2O_3-TiO_2$ и плазменные покрытия из них	49
БАЛЛЫЕВ С. О возможности применения наночастиц меди в кожевенной промышленности.....	50
БОБИНА Е. А., ДАНИЛАЕВ М. П., КАРАНДАШОВ С. А., КУКЛИН В. А., МИРОНСКАЯ Е. А., ЯКОВЛЕВА Г. Ю. Влияние толщины оболочки полилактида на механические свойства ЭД-20 с дисперсными частицами оксида меди (I).....	51
БОЛОТНИКОВ И. С. Влияние способа обработки углепластиков на их усталостную прочность при циклическом изгибе.....	52
БУЖИНСКАЯ К. О., ШЕВЦОВА М. В. Композиты с использованием отходов обувных термопластичных материалов.....	53
ВЕТРОВА С. М., БАРЧУКОВА А. С. Влияние термической обработки на механические свойства низколегированной стали.....	54
ВЫСОЦКАЯ Н. А. Кинетика образования гранул комплексных удобрений в барабанных грануляторах.....	55

УДК 378.14

ПЕРЕОСМЫСЛЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПОЛИТИКИ И ПРОЦЕССОВ В ПРОЕКТИРОВАНИИ МОДЕЛИ НЕПРЕРЫВНОГО ОБУЧЕНИЯ

О. Х. САРЫЕВА

Туркменский государственный архитектурно-строительный институт
Ашхабад, Туркменистан

Будущее более неопределенно, чем когда-либо, и эта неопределенность создает проблемы для высших учебных заведений, особенно когда они стремятся подготовить студентов к будущему. Студенты ищут новые модели образования, а некоторые даже прокладывают свои собственные пути, чтобы выжить и процветать в этом неопределенном будущем. Хотя будущее предсказать невозможно, но стратегическое предвидение может помочь вузам лучше позиционировать себя для разработки новых моделей обучения, отвечающих потребностям учащихся и общества. Сегодня традиционный подход к образованию систематически прививает пассивность и лишает учащихся возможности сделать осмысленный и осознанный выбор. Вместо того, чтобы поощрять студенческую свободу действий и самоуправление, преобладающая модель по-прежнему ориентирована на преподавание, а именно на то, что преподают «преподаватели», а не на то, чему учатся студенты. При таком подходе к учащимся неизбежно относятся как к пустым сосудам, которые необходимо заполнить, а не как к фундаментальным сотворцам собственного образования. Однако решение не в том, чтобы преподаватели отказались от ответственности за обучение. Вместо этого они могут и должны намеренно поощрять активность учащихся с помощью последовательного подхода к планированию обучения, основанного на шести принципах: актуальность и прозрачность, активное обучение, аутентичная оценка, постановка и поддержка, действенная обратная связь, а не оценки и приверженность справедливости.

В нынешней быстро меняющейся среде учащиеся хотят гибкости во времени и содержании, поскольку они ищут соответствующие полномочия для достижения успеха. Чтобы высшие учебные заведения были актуальными, они должны удовлетворять образовательные потребности учащихся посредством стратегии, основанной на инновациях и гибкости. Многие студенты уже сделали выбор и строят для себя разрозненную траекторию образования в профессиональной подготовке, демонстрируя разумный и продуктивный подход к обучению на протяжении всей жизни. Несмотря на это, высшие учебные заведения и предприятия обычно игнорируют или даже проблематизируют такое поведение.

Сегодня «Новые модели высшего образования: разделение, объединение, индивидуализация» и «сделай сам» рассматривают это как будущее высшего образования: студенты смешивают и совмещают образование и обучение на протяжении всей своей карьеры для достижения личных и профессиональных целей.

НАВЫКИ SOFT-SKILLS КАК ГУМАНИТАРНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ КОМПЕТЕНЦИИ ВЫПУСКНИКОВ ВУЗОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

М. В. ВАСЮХНЕВИЧ, Е. А. КОПЫЛОВА
Научный руководитель Д. Н. САМУЙЛОВ, доц.
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Активное развитие экономики предъявляет новые требования к физическим кондициям выпускников технических университетов. Эти требования включают комплексное и гармоничное развитие личности специалиста, которое объединяет в себе фундаментальные профессиональные знания и социально-психологические качества. Именно университетская образовательная среда способна сформировать востребованного экономикой специалиста.

Современный взгляд на образование предполагает формирование двух групп навыков: навыки soft-skills (социально-коммуникативные), которые являются неотъемлемой частью профессиональных компетенций, и hard skills (технические навыки), обеспечивающие востребованность специалиста на рынке труда. При этом данные стороны компетенций взаимопроникающие и взаимодополняющие друг друга. Следует отметить, что наличие отмеченных компетенций позволяет специалисту работать с информацией и уверенно чувствовать себя в профессии. Наиболее важное в soft-skills – коммуникативная компетентность специалиста в условиях делового общения, аналитическое владение информационными технологиями, умение работать в команде, стрессоустойчивость, самоконтроль, уверенность в себе, знание делового этикета, культура общения, умение выступать публично и вести диалог, креативно мыслить, умение договариваться, проявляя вежливую и позитивную настойчивость. В настоящее время программы обучения в университете предусматривают получение технических знаний. При реализации образовательных программ необходимо расширять совершенствование гибких навыков в преподаваемых дисциплинах за счет изменения стратегии обучения.

Эффективным способом для освоения soft-skills-навыков является интерактивное обучение, рекомендованное в малых группах с максимальной включенностью в процесс коммуникации самих студентов. Применение метода кейсов с высоким уровнем самостоятельности обучения, участие в реализации проектов и выступления на конкурсах различного уровня позволит проверить навыки soft-skills от развития идей до взаимодействия с конкурентами. Основными методами обучения гибким навыкам на наш взгляд являются: задания проективного типа, проблемные дискуссии, проигрывание конфликтных ситуаций, тайм-менеджмент, презентации, ситуационные упражнения, имитирующие рабочую среду.

Таким образом, реализация компетенций на основе гармоничного развития личности выпускника повысит его востребованность и успешность в профессиональной деятельности.

ГУНДИЛОВИЧ Н. Н., БУКА А. В. Особенности получения керамических материалов на основе купратов металлов (II, IV).....	56
ЕГОРОВА В. В., ПЕТРОВА Ю. Ю. Переработка нефтяных асфальтенов в присутствии металлов.....	57
ЕСИПОВА А. Д. Исследование особенностей получения функциональных покрытий из алюминиевых сплавов.....	58
ЗАЙЦЕВА А. Д., ПИСАРЕВА А. А. Очистка сточных вод процесса производства сульфата магния из диоксида.....	59
ЗАЙЦЕВА А. Д., ПИСАРЕВА А. А. Применение метода атомно-эмиссионной спектроскопии с магнитной плазмой для контроля технологических растворов производства сульфата магния из диоксида.....	60
КАЛУГИН Л. Е. Особенности синтеза интерметаллида Ti ₂ Ni....	61
КЕМОВА В. А., БАРЕЙША М. В., САМОЙЛОВ Е. П. Основные этапы аддитивного производства.....	62
КЛИМОШ Ю. А., КУРИЛОВИЧ М. А. Магматические и осадочные породы – перспективное сырье для получения силикатных материалов.....	63
КОСЕНКО Е. А. Полимерные композиционные материалы с двухфазной схемой армирования.....	64
КУЗИН Е. Н. Титанаты железа как сырье для синтеза комплексных коагулянтов.....	65
КУПРЯШОВ А. В., ТЕЛЕГИН С. В. Перспективы использования фосфата цинка в качестве наполнителя защитных покрытий современной техники.....	66
ЛОЗИКОВ И. А. Влияние химического состава на процесс компактирования модифицирующих лигатур.....	67
ЛОЗИКОВ И. А. Дюраметрические исследования модифицирующих хромовых лигатур.....	68
МАРУЩАК Ю. И. Оценка свойств полиуретановой композиции для формирования экокож.....	69
МОСКВИН И. Г., СУЧКОВ В. С., ВЕНГИЛЕВСКИХ П. Н. Синтез незизоцианатного уретанаминного отвердителя для эпоксидной смолы.....	70
НИШУКОВА М. А. Оценка сырьевого потенциала техногенных источников ванадия.....	71
ОЛЕНЦЕВИЧ А. С. Влияние состава атмосферы на свойства механически легированных порошков системы Al–Si–Mg.....	72
ОСИПОВИЧ К. С., ЧУМАЕВСКИЙ А. В., МОСКВИЧЕВ Е. Н. Поведение интерфейса при одноосной растягивающей нагрузке в композитах, изготовленных методом ЭЛАП.....	73
ПЕРЕСУНЬКО Ю. Д., АЗОПКОВ С. В. Процессы дефторирования воды: направления и перспективы.....	74

ПЕРЕСУНЬКО Ю. Д. КРУЧИНИНА Н. Е. Очистка фторсодержащих сточных вод продуктами термодеструкции фосфомела.....	75
ПОЖАРСКАЯ А. В. Получение керамического кирпича с использованием осадков очистных сооружений гальванических производств.....	76
ПОСЫЛКИНА О. И., СЕЧКО И. А. Коррозионно-стойкие многослойные покрытия, сформированные из сепарированных потоков катодно-дуговой плазмы.....	77
СУЧКОВ В. С., МОСКВИН И. Г., ВЕНГИЛЕВСКИХ П. Н. Синтез и исследование возможности использования манганатфосфатов магния в качестве противокоррозионных пигментов.....	78
УТЯГАНОВА В. Р., ШАМАРИН Н. Н., ЧУМАЕВСКИЙ А. В. Сравнительный анализ микроструктуры эвтектического силумина, напечатанного электронно-лучевым аддитивным производством и изготовленного традиционным методом литья.....	79
Секция 4. Сварка, родственные процессы и технологии	
ГАО Ю. Исследование сварочной дуги при подводной мокрой сварке покрытым электродом.....	80
ЕВЛАМПЬЕВ А. В. Область применения разнородных сварных соединений титана и алюминия.....	81
ЕРЕМЕЕВА Д. Р., ФАРАХУТДИНОВ Р. А. Исследование свойств и микроструктур сварных соединений меди со сталью, полученных различными способами сварки.....	82
КИМ В. С., САЖАЕВ А. А. Особенности процесса дуговой сварки порошковой проволокой при естественном и активном теплоотводе.....	83
КОБЕРНИК Н. В., ПАНКРАТОВ А. С., АНДРИЯНОВ Ю. В. Легирование наплавленного металла титаном через ферротитан и карбонитрид титана в составе шихты порошковой проволоки.....	84
КОРОТЕЕВА А. А., ФЕТИСОВА Е. А. О некоторых проблемах при сварке в смесях защитных газов стали А 335 GRADE P91.....	87
ЛЕЖАВА А. А. Современные методы лазерной наплавки.....	88
ЛЮБЫХ Е. Н. Усовершенствование технологии сварки рабочего колеса промышленных вентиляторов и дымососов.....	90
ПЯТКОВ М. И. Технология ремонта сваркой полых корпусных деталей коробчатого сечения.....	91
СЕРДЮКОВА К. Н., ДОЛГАЯ В. Д. Особенности восстановления деталей машин методом дуговой наплавки с применением высокоуглеродистых проволок.....	92
СМОЛЕНЦЕВ А. С., ВОТИНОВА Е. Б., СОБОЛЕВА Н. Н. Состав и свойства аустенитной порошковой проволоки с азотом для сварки сталей специального назначения.....	93
ТОЛПЫГО Н. А. Разработка схемы мобильного программно-аппаратного комплекса регистрации сварочных процессов.....	94

УДК 378.14

ТРЕБОВАНИЯ К ПОДГОТОВКЕ СОВРЕМЕННЫХ ИНЖЕНЕРОВ В ТЕХНИЧЕСКИХ ВУЗАХ

О. Д. АТАЕВА

Научный руководитель К. Б. АЛЛАБАЕВА

Туркменский государственный архитектурно-строительный институт
Ашхабад, Туркменистан

В нашей стране, как и во всем мире, в долгосрочных программах, принятых для обеспечения счастливой жизни народа и стабильного развития государства, в основном ставятся задачи индустриального развития экономики страны и ее цифровизации. В современном динамичном развитии науки и техники, а также в условиях рыночной экономики, требования к образованию и профессиональной подготовке инженеров развиваются и изменяются. Невозможно подготовить конкурентоспособных инженеров без последовательного соблюдения этих требований. Поэтому необходимо руководствоваться этими требованиями в текущей работе по совершенствованию учебных планов, программ курсовых работ, учебников и пособий. Сегодня к подготовке инженерно-технического специалиста в основном предъявляются следующие требования:

- должен быть конкурентоспособным и компетентным;
- должен быть в курсе последних достижений науки и техники, быть технически и технологически компетентным;
- должен знать современные тенденции зеленой и цифровой экономики;
- должен обладать системным и глобальным мышлением;
- должен быть заинтересованным, страстным, быть готовым постоянно учиться и самосовершенствоваться;
- должен уметь работать в разных сферах, т. е. иметь технологическую, культурную, языковую, коммуникативную подготовку;
- должен быть инновационным и предпринимательно активным, обладать лидерскими качествами, быть быстрым, гибким и собранным [1].

Инженеры играют ключевую роль в формировании цифровой экономики. Значение этой роли несомненно возрастет в будущем. Цифровизация затрагивает все сферы жизни человека и экономики. Современные инженеры обеспечивают непрерывность этапов моделирования, проектирования, производства, использования и переработки продукта или объекта. По этой причине все отрасли нуждаются в современных инженерах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Сигов, А. С.** Требования к инженерам в условиях Новой Индустриализации и пути их реализации / А. С. Сигов, В. В. Сидорин // Инж. образование. – 2012. – № 10.

УДК 378.14

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГУМАНИТАРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В ТЕХНИЧЕСКИХ ВУЗАХ

М. Э. АМАНОВ, А. Х. ДЖУМАДОВА

Туркменский государственный архитектурно-строительный институт
Ашхабад, Туркменистан

Индустрия высшего образования находится в состоянии значительной трансформации. Учреждения образования, образовательный процесс претерпевают изменения в соответствии с новыми требованиями общества. Сегодня развитие системы высшего профессионального образования в большей степени ориентируется на практическую подготовку специалистов в соответствии с профилем получаемого образования. Это обусловлено теми глобальными изменениями, которые происходят в социуме, развитием новых технологий, которые должны сделать скачок в будущее «Industry 4.0», т. е. переход к цифровой трансформации отрасли, следствием которого становится острая востребованность в высококвалифицированных специалистах (интеллектуальные технологии, искусственный интеллект, робототехника). Система образования вынуждена реагировать на новые вызовы, адаптироваться к требованиям общества. Сегодня вузы во главу угла ставят компетентностный подход. При этом происходит корректировка учебных планов: из них исключаются дисциплины гуманитарного цикла.

Отказ от гуманитарной составляющей учебного процесса в целом, и в технических вузах в частности, имеет и свои негативные последствия. Без должного гуманитарного образования в технических вузах происходит разделение такого понятия как «хороший специалист», происходит удаление слово «хороший» от «специалист». Учащиеся постепенно отдаляются от социальных процессов, формируется лишь элементарное понимание общественных явлений и процессов. Работодатели испокон веков ищут хороших специалистов, т. е. к соискателям «хороших» должностей предъявляются требования, связанные не только с высоким уровнем квалификации по специальности, но и развитыми социальными компетенциями (коммуникабельность, умение работать в коллективе, знание иностранных языков и т. п.) [Ш. Ф. Фарахутдинов и др., 2017].

Многие исследователи не просто указывают, но и обосновывают актуальность и необходимость гуманитарной составляющей в системе высшего профессионального образования (Г. А. Гетман, Н. В. Карлов, М. М. Бахтин, В. С. Библер и др.). В своих работах они утверждают, что гуманитарные знания играют основополагающую роль в формировании личности специалиста, выступающие в качестве поддерживающих факторов в профессиональной деятельности будущего специалиста. Поэтому сегодня вопрос о необходимости изучения и разработки новых моделей обучения, способных отвечать потребностям как учащихся, так и общества, остается актуальным. Нужно понимать, что квалифицированный специалист без должного гуманитарного образования – это потерянное звено в социальном обществе.

ФЕТИСОВА Е. А., КОРОТЕЕВА А. А., ЛОПАТИНА А. А. Перспективы применения галогенидных газообразных соединений при дуговой сварке порошковой проволокой.....	95
ЧИТПАНОВА М. Е. Разработка технологического процесса монтажной сборки и сварки участка линии трубопровода.....	96
ШУКАН Н. М., ЛОПАТИНА А. А. Аддитивный синтез массивных алюминиевых изделий.....	97
ЮМАНОВ Д. Н. О расчете мощности при контактной рельефной сварке с помощью математического моделирования ANSYS.....	98
ЮМАНОВ Д. Н., СЕРГЕЙЧИК А. О., ЖЕВНОВ И. П. О влиянии времени срабатывания пневмопривода на качество соединений при контактной сварке.....	99

Секция 5. Наземные транспортные и технологические машины и комплексы

БИЛЫК О. В., БИЛЫК С. Ю. Влияние электропривода периодического действия прицепа на автопоезд.....	100
ГРАЦ А. А. Совершенствование технологического процесса диагностирования гидросистемы БС-4000ПБА-2 (шасси МАЗ-5434ХЗ).....	101
КУНАНЕЦ А. А. Особенности расчета металлоконструкции козлового крана.....	102
МОИСЕЕВ Е. А. Повышение мощности фрикционных пневматических тормозов.....	103
НАЛИВКО О. И. Феноменологический анализ единичных актов стержневой дезинтеграции.....	104
НОСОВА Т. И. Интенсификация процесса очистки нефте-содержащих сточных вод полимерными флокулянтами.....	106
ПЕТРЕНКО М. Л. Совершенствование алгоритма управления системы активной безопасности мотоцикла.....	107
РОГОЖИН А. В. Выбор и обоснование исходных данных для производственно-технической базы автосервиса по ТО и ТР автомобилей с гибридными силовыми агрегатами.....	108
САРАНЦЕВА А. А. Использование отходов автомобильного транспорта в качестве сырья для получения феррата натрия.....	109
ХАРИТОНОВ Ю. М. Волновой смеситель-активатор для приготовления формовочной смеси при производстве силикатного кирпича.....	110
ЮШКЕВИЧ А. В. Проектирование заднего маятника мотоцикла.....	111

Секция 6. Инновации в строительстве

БЕКОВА Г. А. Амплитудно-частотные характеристики сейсмических волн с учетом слоистого сложения.....	112
БОРИСОВА К. А. Применение интеллектуальных транспортных систем в Республике Беларусь.....	113
БУРЫКИН Е. А. Метод использования резинотехнических отходов в процессе модификации битума.....	114
ГОЛУШКОВ А. М. Роль и значение транспортной инфраструктуры в развитии города.....	115
ЗЕЛЕНКОВ А. А. Эффективное конструктивное решение плит для холодных кровель производственных зданий.....	116
ИВАНОВ Д. В. Учет влияния влажности грунта при обработке георадарограмм.....	117
КУЛИЕВА Б. А., ХАЛМУРАДОВ С. Д. Особенности использования цифровых технологий в возведении архитектурных сооружений и зданий города Аркадаг в Туркменистане.....	118
МАРКО О. Ю., МАСЛЕНКОВ А. А. Сравнительный анализ добавок в бетон для зимних условий работ.....	119
МЕЛЬЯНЦОВА И. И. Способы регулирования эксплуатационных характеристик конструкционного керамзитобетона.....	120
ОРЛОВСКИЙ П. С. Определение коэффициентов важности с помощью метода анализа иерархий.....	121
ПУСЕНКОВ А. Г. Влияние касательных напряжений в контактной зоне основания и фундамента при строительстве на пылевато-глинистых грунтах.....	122
РЖЕВУЦКАЯ В. А. Варианты повышения показателей функциональной эффективности легкого бетона на основе керамзита.....	123
СИРОШ К. А. Задача о расчете прямоугольной плиты бесконечной регулярной системы на упругом основании.....	124
ТИХОНЧУК П. Ю. Практическое применение теории нечетких множеств в оценивании технического состояния.....	125
ТУМИНСКАЯ П. А., ЧЕРЕВКО Н. М. Расчет эффективности шумозащитного экрана в г. Могилеве.....	126
ШКИЛЬНЮК М. А. Анализ влияния износа ограждающих конструкций на изменения теплотехнических характеристик.....	127

Секция 7. Автоматизация, электропривод, электрооборудование

БУРБА М. Д., ЗАРЕЦКИЙ В. А., ШИЛОВ Н. А. Многодвигательный электропривод подъемной платформы мобильного робота.....	128
ЗАРЕЦКИЙ В. А. Магнитный датчик автономного мобильного робота.....	129
КАПИТОНОВ О. А., ШНИП Д. В. Разработка наблюдателя температур отдельных узлов асинхронного электродвигателя.....	130

УДК 336.71

ФИНАНСОВЫЕ ИННОВАЦИИ В ЭПОХУ ЦИФРОВИЗАЦИИ ЭКОНОМИКИ: ТЕНДЕНЦИИ, ВЫЗОВЫ И УГРОЗЫ

ЯН ЦЗЕ

Научный руководитель В. В. ПУЗИКОВ, д-р экон. наук, проф.
Институт бизнеса Белорусского государственного университета
Минск, Беларусь

Блокчейн и его широкое внедрение в различных сферах бизнеса в последние годы привлекли большое внимание исследователей и практиков. Финансы, которые, пожалуй, являются наиболее перспективной и известной областью применения данной технологии, значительным образом трансформировались в цифровой аналог благодаря открытым технологическим и бизнес-инновациям, основанным на технологии блокчейн, таким как децентрализованные валюты, смарт-контракты, криптоактивы и т. д. Наиболее существенного прогресса достигли такие инновации в области цифровых финансов, как цифровые платежи, краудфандинг, финансирование цепочек поставок и робоконсультинг. Объем мирового рынка блокчейн-технологий оценивался в 10,02 млрд долл. США в 2022 г., и ожидается, что совокупный годовой темп роста (CAGR) составит 87,7 % с 2023 г. по 2030 г. [1].

Успешное внедрение и эксплуатация любой технологии блокчейн зависит от надлежащего управления рисками, связанными с ней, и возможностями, которые она открывает. Рассмотрим эти две ключевые характеристики блокчейна более подробно.

Итак, возможности предупреждения угроз с использованием технологии блокчейн включают в себя следующее.

1. Обеспечение безопасного и дешевого способа отправки платежей, который устраняет необходимость проверки со стороны третьих лиц и сокращает время обработки традиционных банковских переводов.

2. Технология распределенного реестра может позволить проводить транзакции напрямую и отслеживать транзакции лучше, чем существующие протоколы, такие как SWIFT.

3. Благодаря блокчейну устраняются недобросовестные посредники в передаче прав на активы, уменьшается комиссия за обмен активами, открывается доступ к более широким глобальным рынкам и снижается волатильность традиционного рынка ценных бумаг.

В свою очередь риски, которые присущи блокчейну, связаны с раскрытием конфиденциальных и частных данных, непрозрачностью криптоактивов и отсутствием адекватного нормативного надзора за сектором, утратой финансовой стабильности вследствие низкого уровня понимания инвесторами и потребителями новых технологий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Pejic, I.** Big Tech in finance: how to prevail in the age of blockchain, digital currencies and the metaverse / I. Pejic. – London: KoganPage, 2023. – 256 p.

УДК 346.543.1

ОБОСНОВАНИЕ ВЫПУСКА НОВОЙ ПРОДУКЦИИ ПРЕДПРИЯТИЯ

А. Г. ЧЕРНЯКОВ

Научный руководитель О. Д. МАКАРЕВИЧ

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

В рамках проведенного исследования результатов деятельности ОАО «Могилевский металлургический завод» было установлено, что в последние годы наблюдается замедление темпов развития хозяйственной деятельности предприятия, что обусловлено не только внешней экономической средой функционирования предприятия, но и внутренними проблемами организационно-производственного характера.

По результатам проведенного анализа установлено, что существенное влияние на увеличение затрат оказал рост переменных затрат, снижение которых требует разработки мероприятий по совершенствованию технологии производства продукции. Кроме того, большую часть затрат занимают материальные затраты, что требует от предприятия поиска более дешевого сырьевого ресурса. Для детальной проработки производственной программы был проведен анализ отдельных видов выпускаемой продукции: на основе проведенного АВС-анализа установлено, что половина выпускаемой продукции не несет ценности для предприятия, требуется разработка грамотной ассортиментной политики предприятия.

Для решения проблем, связанных с выпуском конкурентоспособной продукции, для исследуемого предприятия был разработан проект производства армированных песчано-полимерных люков.

В процессе исследования проведена оценка технических параметров различных видов канализационных люков: чугунного люка, как базового, и песчано-полимерного люка, армированного рубленым стекловолокном, который выступил в качестве образца нового вида продукции для ОАО «Могилевский металлургический завод». Расчет экономической эффективности предложенного технического решения показал, что общий годовой экономический эффект от реализации проекта составляет 134,3 тыс. р. при капитальных вложениях в размере – 117,99 тыс. р., что свидетельствует о том, что срок окупаемости не превысит 11 месяцев, что достаточно эффективно и позволяет сократить возможные риски и влияние инфляции.

При проведении анализа чувствительности проекта был сделан вывод, что увеличение срока окупаемости проекта при снижении значений факторов на 50 % происходит за счет изменения экономии на материалах и расходе электроэнергии, стоимость оборудования и экономия на зарплате снижают срок окупаемости проекта. Влияние экономии на материале играет ключевую роль в снижении срока окупаемости при увеличении значений факторов на 50 %, а также играет ключевую роль в сроке окупаемости проекта.

МАГИДОВ Р. Е. Разработка методики обучения системы вибро-диагностики станочного электропривода.....	131
ПОЛЕЩУК М. И., ДУБОВИК И. А., ВЫРКО С. Н., ХМЕЛЬНИК А. Г. Применение концепции минимально чувствительных цепей для проектирования согласующих устройств.....	132
РАДКЕВИЧ А. А. Аппаратная реализация алгоритма управления тяговым электроприводом городского электробуса.....	133
РАДКЕВИЧ А. А. Формирование скоростной диаграммы движения электробуса с учетом режимов его работы в городском цикле.....	134
СИНЮКОВИЧ А. А. Некоторые аспекты выбора электрооборудования при разработке нового испытательного оборудования для продукции LLC «NOVUS INDUSTRY».....	135
ТРЕТЬЯКОВ А. С., ШНИП Д. В. Разработка электромагнитной модели асинхронного электродвигателя с учетом его теплового состояния.....	136
ФЕДОТОВ В. В. Моделирование позиционного электропривода с нелинейным регулятором положения.....	137
ФЕДОТОВ В. В. Особенности синтеза регулятора положения системы автоматического управления роботом.....	138
ХМЕЛЬНИК А. Г., ВЫРКО С. Н., ТРОФИМЕНКОВ А. Л. Полосовой фильтр с малыми искажениями спектра сигнала.....	139

Секция 8. Методы и приборы контроля качества продукции и природной среды

БУРЫКИН Е. А. Метод оценки молекулярной массы каучука....	140
ГАВВА М. А., КРУЧИНИНА Н. Е. Утилизация отработавших ванадиевых катализаторов с получением ванадия.....	141
ГАФУРОВ В. Р. Усовершенствование устройства для исследования цветовых параметров объектов.....	142
ГОРБУНОВ А. И., ГОРБУНОВА Н. А. Методы проведения газогеохимических исследований в рамках инженерно-экологических изысканий.....	143
ДОЛМАТОВ Д. О. Выявление и идентификация дефектов с применением искусственных нейронных сетей в акустическом контроле.....	144
ПАНТЮШИНА В. Г. О необходимости разработки универсальной методики магнитографического контроля объектов.....	145
ПИСАРЕНКО К. И., ЗЕЛИНСКИЙ А. Р., ТИМОШЕНКО Д. С., САЗОНОВ И. И. Левитация миниатюрных объектов в акустическом поле.....	146
РОЖКОВА Т. В. Оптические сенсоры этанола на базе золь-гель пленок наноразмерного диоксида кремния.....	147
СИНЮКОВИЧ А. А. Контроль качества готовой продукции LLC «NOVUS INDUSTRY».....	148

ФЕДОСЕЕНКО А. А., ГОРБУНОВА Н. А. Разработка приложения для оценки риска здоровья населения от воздействия транспортного шума..... 149

Секция 9. Информационные технологии

БЕККЕР И. А., СКРЫЛЕВ Н. П. Точная трудоемкость арифметического цикла..... 150

ГАФУРОВ В. Р. Разработка программного обеспечения устройства для исследования цветковых параметров объектов..... 151

ГРУШЕЦКАЯ Е. Ю., ПЛИСКО И. Г. Особенности прогнозирования рейтинговой оценки университета на платформе QS..... 152

ЕРОХОВА Д. И., СИВАКОВ Л. Ю., СОКОЛОВ В. Г. Серверный компонент системы управления сварочными процессами..... 153

ЖЛОБНИЦКИЙ М. Д. Исследование российской динамики объема вложений в ИТ-отрасль..... 154

ЖЛОБНИЦКИЙ М. Д. Тенденции развития российского рынка информационной безопасности в условиях современной геополитики..... 155

КИСЛЮК А. А., СОКОЛОВ В. Г. Разработка программной системы для автоматизации создания рабочих программ..... 156

КОТЕГОВ Н. С., МИЛЬКО В. Д. Исследование кросс-платформенных особенностей работы асинхронных запросов на мобильных устройствах..... 157

КУВШИННИКОВ В. С. Моделирование элементов поверхности цифровых двойников объектов неразрушающего контроля..... 158

ЛАЗАРЕВ А. И. Анализ и тестирование алгоритмов нейросетевой ТСП-/IP-маршрутизации пакетов в протоколах туннелирования сетевого трафика..... 159

МИЩЕНКО И. И., КРОТОВ В. Ю. Применение инновационных методов в восстановлении 3D-изображений при помощи рентгеновских снимков..... 160

МИЩЕНКО И. И., КРОТОВ В. Ю. Развитие алгоритмов поиска дефектов на рентгеновских снимках с использованием компьютерного зрения..... 161

ПРОКОПЕНКО С. А. Использование современных информационных технологий при работе производственно-сборочных предприятий..... 162

СКРЫЛЕВ Н. П. Представление системы управления базами данных как системы массового обслуживания..... 163

СЫСОЕВ Н. А., ВЫГОВСКАЯ Н. В. Интеллектуальная информационная система анализа результатов медицинских исследований..... 164

ТЕРЕХОВА М. С., КОСОНОГОВ А. П., ТИМАШКОВА Л. А. Информационно-коммуникационные технологии в ознакомительной практике..... 165

УДК 004.056

ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЕ НАУЧНО-ПРОМЫШЛЕННЫЕ КЛАСТЕРЫ: СНИЖЕНИЕ ФИНАНСОВОГО РИСКА ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

О. Е. ХАРЛАМОВА

Смоленский филиал Российской академии народного хозяйства
и государственной службы при Президенте Российской Федерации
Смоленск, Россия

В настоящее время территориальный научно-промышленный кластер, типовая модель которого представлена на рис. 1, включая в себя различные организации и инфраструктуру, представляет собой сложную экономическую систему, элементы которой взаимосвязаны друг с другом, а соответственно, между элементами (организациями территориального научно-промышленного кластера) проходят различного рода потоки. Одними из наиболее значимых потоков, возникающих между организациями-участниками территориального научно-промышленного кластера и содержащих коммерческую тайну, являются финансовые и информационные потоки. Данные потоки отражают связь финансовых потоков и информационных потоков между элементами кластера, в которых формируются финансовые риски, преимущественно связанные с утечкой информации.



Рис. 1. Территориальный научно-промышленный кластер с обозначением потоков между организациями-участниками кластера

Таким образом, при обеспечении высокого уровня информационной безопасности передаваемых в финансовых и информационных потоках территориального научно-промышленного кластера данных можно добиться эффекта значительного снижения финансовых рисков и увеличения уровня финансовой безопасности.

АЛГОРИТМ ОЦЕНИВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСФОРМАЦИИ БИЗНЕС-МОДЕЛИ НА ОСНОВЕ ЕЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

О. Е. ХАРЛАМОВА

Смоленский филиал Российской академии народного хозяйства
и государственной службы при Президенте Российской Федерации
Смоленск, Россия

В настоящее время бизнес-модели большинства организаций, включающихся в мировые тренды развития цифровой экономики, активно трансформируются. Например, в течение прошлых лет начался активный этап трансформации в соответствии с концепцией ESG. Однако изменяющиеся условия деловой среды, стадии жизненного цикла бизнес-модели организации и тренды цифровой экономики, создают риски для выживания организации в рыночной среде. В связи с этим необходимо оценивать эффективность трансформации бизнес-модели на основе современных подходов и инструментов (предлагаемый алгоритм оценки представлен на рис. 1).

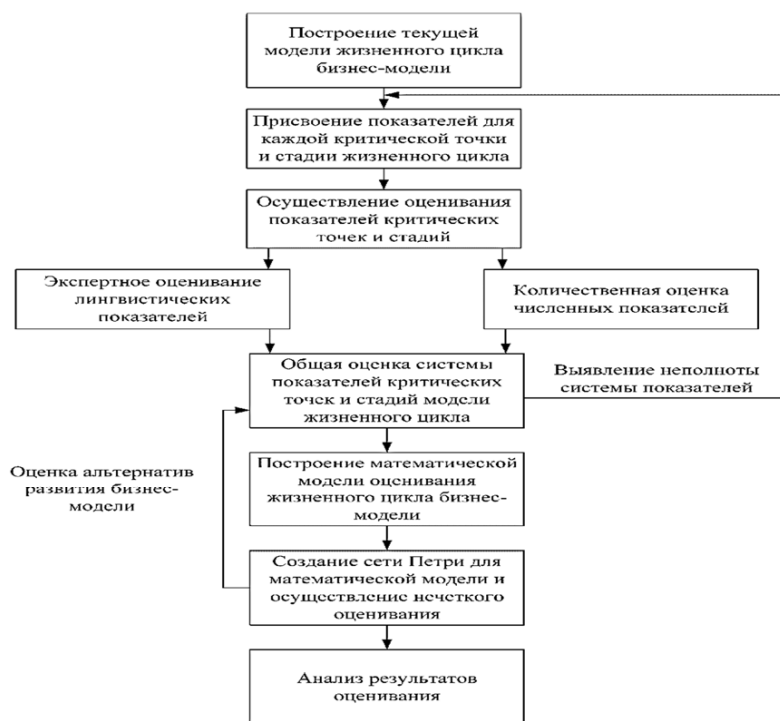


Рис. 1. Алгоритм оценивания эффективности трансформации бизнес-модели на основе ее жизненного цикла

УШАКОВ А. Д., АЛЕКСЕЙКОВ М. В., ВЫГОВСКАЯ Н. В. Информационная система для хранения и обработки результатов медицинских исследований.....	166
ХАРЛАМОВ П. С. Нейро-нечеткие и имитационные модели при ролевом подходе в менеджменте организации.....	167
ХАРЛАМОВА О. Е. Повышение информационной безопасности процессов передачи данных в сложных инновационных системах на основе нечеткой логики.....	168

Секция 10. Инновационная экономика в развитии общества

ДЕМИДЕНКО В. О. Перспективный анализ в системе управления оборотными средствами промышленного предприятия.....	169
ДРАПУН М. В. Проект по оптимизации товаропроводящей сети предприятия.....	170
КИРИЛЛОВА Е. А., ШТЕМПЕЛЬ А. Н. Сбалансированное развитие региональных инновационных систем на основе управления потоками РИД.....	171
КИРИЛЛОВА Е. А., ШУТОВ Д. А. Возможности привлечения инвестиций стратегического характера для региональных инновационных процессов на основе партнерского банкинга.....	172
МАКАРОНОК Е. Д. Управление эффективностью сбытовой деятельности предприятия в контексте его устойчивого развития.....	173
НИКОЛАЕНКО А. И. Текучесть кадров и пути ее решения.....	174
ПРОХОРОВА А. В. Развитие инвестиционной деятельности промышленного предприятия.....	175
РОЖКОВА Т. В. Оценка энергетических потенциалов солнечной и ветровой энергии для проектирования гибридных систем энерго-снабжения.....	176
СТЕПАНОВА В. В. Перспективный анализ реализации резервов снижения себестоимости продукции предприятия.....	177
СТЕПАНОВА М. А. Технологические инновации в системе управления себестоимостью картонно-бумажной продукции.....	178
ТАДЖИЕВА Д. Р. Человеческий капитал в инновационной экономике.....	179
ХАРЛАМОВ П. С. Моделирование направлений социально-экономического развития муниципального образования.....	180
ХАРЛАМОВ П. С. Нейро-нечеткое прогнозирование региональной составляющей внешней торговли России в условиях кризисных ситуаций.....	181
ХАРЛАМОВ П. С. Онтологические модели как инструмент определения эффективного проектного финансирования.....	183
ХАРЛАМОВ П. С. Перспективная региональная инфраструктура поддержки малого и среднего бизнеса Смоленской области.....	184
ХАРЛАМОВ П. С. «Цепочки» рисков при формировании оптимального инвестиционного портфеля.....	185

ХАРЛАМОВА О. Е. Алгоритм оценивания эффективности трансформации бизнес-модели на основе ее жизненного цикла.....	186
ХАРЛАМОВА О. Е. Территориальные научно-промышленные кластеры: снижение финансового риска при обеспечении безопасности передачи данных.....	187
ЧЕРНЯКОВ А. Г. Обоснование выпуска новой продукции предприятия.....	188
ЯН ЦЗЕ Финансовые инновации в эпоху цифровизации экономики: тенденции, вызовы и угрозы.....	189

Секция 11. Проблемы и перспективы развития гуманитарного образования в высшей школе при подготовке специалистов технико-технологического профиля

АМАНОВ М. Э., ДЖУМАДОВА А. Х. Проблемы и перспективы развития гуманитарного образования в технических вузах.....	190
АТАЕВА О. Д. Требования к подготовке современных инженеров в технических вузах.....	191
ВАСЮХНЕВИЧ М. В., КОПЫЛОВА Е. А. Навыки soft-skills как гуманитарная составляющая компетенции выпускников вузов технического профиля.....	192
САРЫЕВА О. Х. Переосмысление образовательной политики и процессов в проектировании модели непрерывного обучения.....	193
УЗБЕКОВА Г. К., АМАНОВ М. Э. Перспективы развития языкового обучения в подготовке специалистов будущего.....	194

УДК 336.76

«ЦЕПОЧКИ» РИСКОВ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ОПТИМАЛЬНОГО ИНВЕСТИЦИОННОГО ПОРТФЕЛЯ

П. С. ХАРЛАМОВ

Смоленский филиал Российской академии народного хозяйства
и государственной службы при Президенте Российской Федерации
Смоленск, Россия

Одним из центральных аспектов выбора ценных бумаг и финансовых инструментов при формировании оптимального инвестиционного портфеля является прогнозирование возможных рисков и рисков ситуаций, например основываясь на личном опыте или с помощью методов прогнозирования рисков в детерминированной и динамично-развивающейся среде BANI-мира. Использование современных методов прогнозирования, таких как имитационное моделирование, нейронное прогнозирование, нейро-нечеткое моделирование, требует определенной структурированной организации совокупности рисков и рисков ситуаций при формировании оптимального инвестиционного портфеля. Подобными структурами являются предлагаемые модели «цепочек» рисков, типовая модель которых представлена на рис. 1.

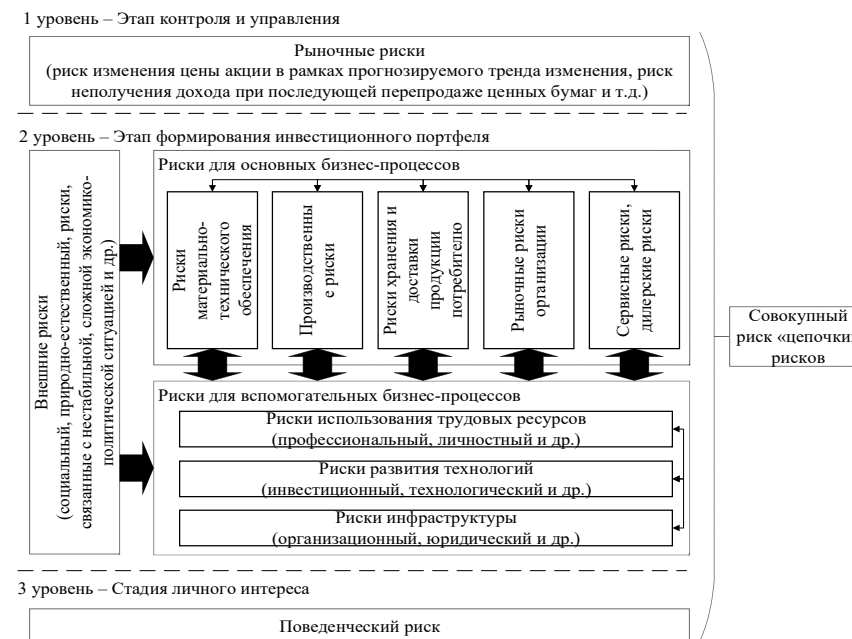


Рис. 1. Модель типовой многоуровневой «цепочки» рисков при формировании оптимального инвестиционного портфеля

УДК 332.14

ПЕРСПЕКТИВНАЯ РЕГИОНАЛЬНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА ПОДДЕРЖКИ МАЛОГО И СРЕДНЕГО БИЗНЕСА СМОЛЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

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 организации малого и среднего предпринимательства играют большую роль в экономике любого субъекта Российской Федерации, поскольку именно они влияют на размер налоговых поступлений в региональный бюджет, определяют в значительной мере экономический рост и развитие региона. Для обеспечения их деятельности создана специальная региональная инфраструктура, состоящая из организаций, оказывающих финансовую, имущественную, информационную, научную, консультационную, обучающую поддержку субъектам малого и среднего бизнеса. На рис. 1 представлена разработанная модель перспективной региональной инфраструктуры Смоленской области на основе анализа действующих учреждений и организаций, взаимодействующих с малым и средним бизнесом. Вместе с тем определено, что наиболее перспективным направлением развития региональной инфраструктуры в Смоленской области (на плановый период 2024–2030 гг.) является кластерное развитие.



Рис. 1. Модель перспективной региональной инфраструктуры поддержки малого и среднего бизнеса на территории Смоленской области

УДК 621.01:621.926.9+621.928

ЦЕПНЫЕ АГРЕГАТЫ И ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К ИХ ПРОЕКТИРОВАНИЮ

В. А. ПОТАПОВ¹

Научный руководитель Л. А. СИВАЧЕНКО², д-р техн. наук, проф.

¹Барановичский государственный университет

Барановичи, Беларусь

²Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Цепные агрегаты – принципиально новый класс оборудования для процессов дезинтеграции и грохочения различных материалов [1]. Они могут быть использованы на первичных стадиях измельчения мела, мергеля и других материалов, а также для разделения сыпучих материалов по крупности, например при очистке щебеночного балласта железнодорожного пути. Эффективность их применения подтверждена исследованиями, результаты которых представлены в [2, 3].

Общий вид экспериментального образца цепного агрегата представлен на рис. 1.

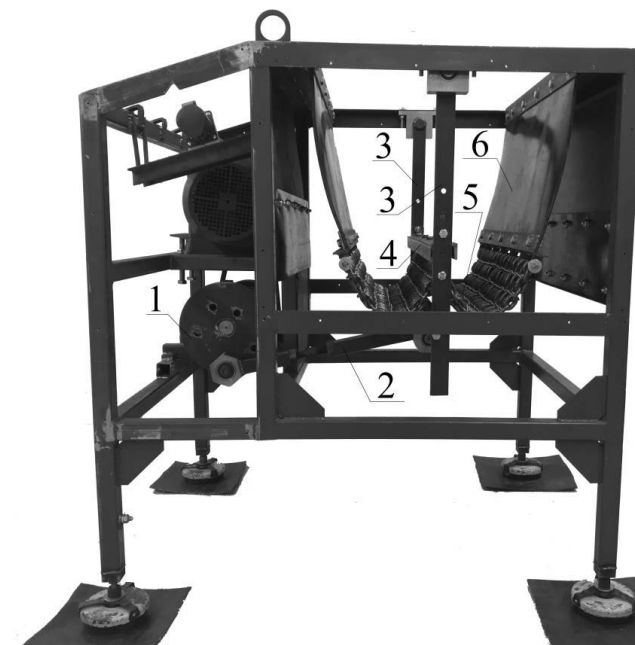


Рис. 1. Общий вид экспериментального образца цепного агрегата

В цепном агрегате можно выделить три основные части: рама, приводной механизм и рабочая камера.

Приводной механизм образуют звенья (см. рис. 1): кривошип 1, шатун 2, коромысла 3 и стойка (на рисунке не показана). Рабочая камера включает в себя штангу 4, цепные полотна 5 и гибкие стенки 6. В приводном механизме входным звеном является кривошип 1, а выходными – коромысла 3. По отношению к рабочей камере коромысла 3 являются входными звеньями, а их геометрические и кинематические характеристики будут определять характер движения элементов рабочей камеры и, следовательно, влиять на технологические и энергетические параметры процессов дезинтеграции или грохочения.

Конструкция приводного механизма и рабочей камеры должна предусматривать возможность изменения геометрических и кинематических характеристик звеньев с целью определения оптимальных режимов работы при переработке материалов.

Проектирование приводного механизма и рабочей камеры представляет собой комплексную задачу, решение которой начинается с исследования геометрических характеристик выходного звена – коромысла (первый этап проектирования).

Для наглядного представления изобразим кинематическую схему приводного механизма в крайних положениях коромысла (рис. 2).

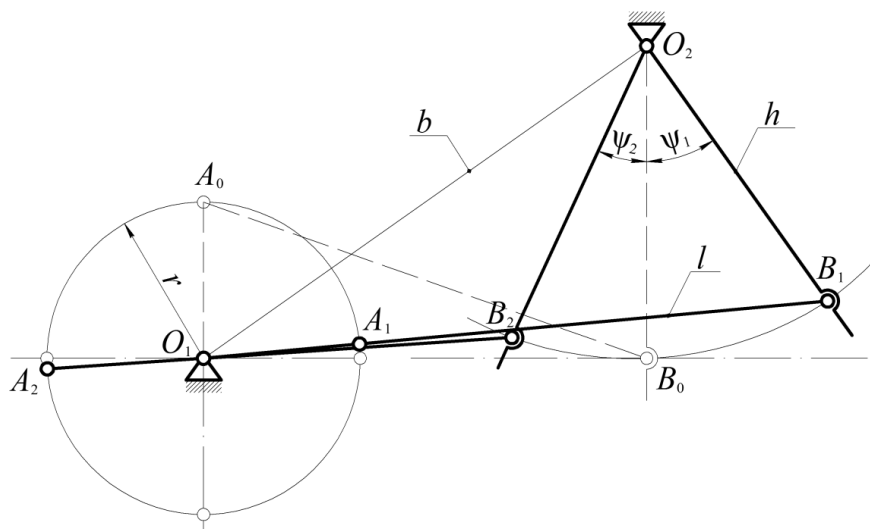


Рис. 2. Кинематическая схема приводного механизма в крайних положениях коромысла

Коромысло может отклоняться вправо и влево на угол ψ_1 и ψ_2 соответственно. Значение этих углов зависит от геометрических параметров звеньев приводного механизма. С практической точки зрения наиболее рационально

УДК 519.86

ОНТОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ КАК ИНСТРУМЕНТ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ПРОЕКТНОГО ФИНАНСИРОВАНИЯ

П. С. ХАРЛАМОВ

Смоленский филиал Российской академии народного хозяйства
и государственной службы при Президенте Российской Федерации
Смоленск, Россия

Одним из трендов в развитии экономической сферы общества, в первую очередь связанных со становлением цифровой экономики, процессами цифровой трансформации и цифровизации, является все большее включение проектов и проектных решений в деятельность организаций. Особенную актуальность имеют проекты, связанные с созданием инноваций. В ходе планирования финансирования проектов данного типа (модель представлена на рис. 1) отмечается ряд трудностей: отсутствие ретроспективной статистической информации о реализации проектов-аналогов; невозможность представления в формализованном виде аналитических функций зависимости между элементами системы реализации проектов и планируемыми результатами; характерная неопределенность внешней бизнес-среды.

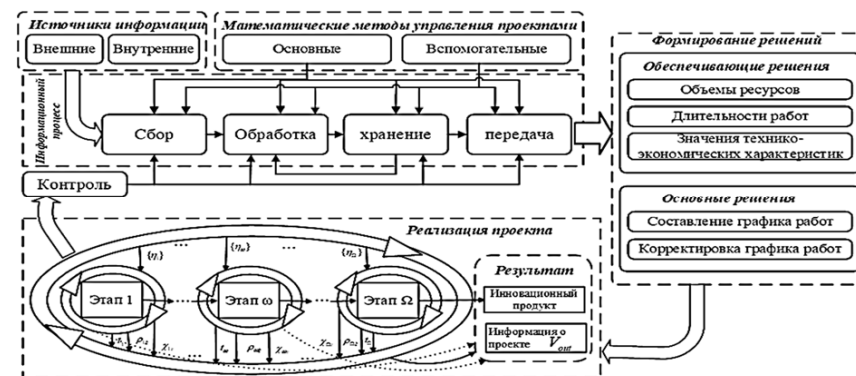


Рис. 1. Модель проектного финансирования

Вышеуказанные трудности не позволяют с высокой точностью определить необходимый объем финансирования, предусмотреть нюансы управления стоимостью проекта, в части связанные с вносимыми изменениями в проект при необходимости сокращения или увеличения доступного бюджета проекта. Соответственно, необходимо использование методов построения имеющихся знаний в предметной области проекта в виде иерархической модели концептуальных терминов и множества отношений при отсутствии в ряде случаев необходимого объема статистической информации. Таким образом, указанному удовлетворяют онтологические модели.

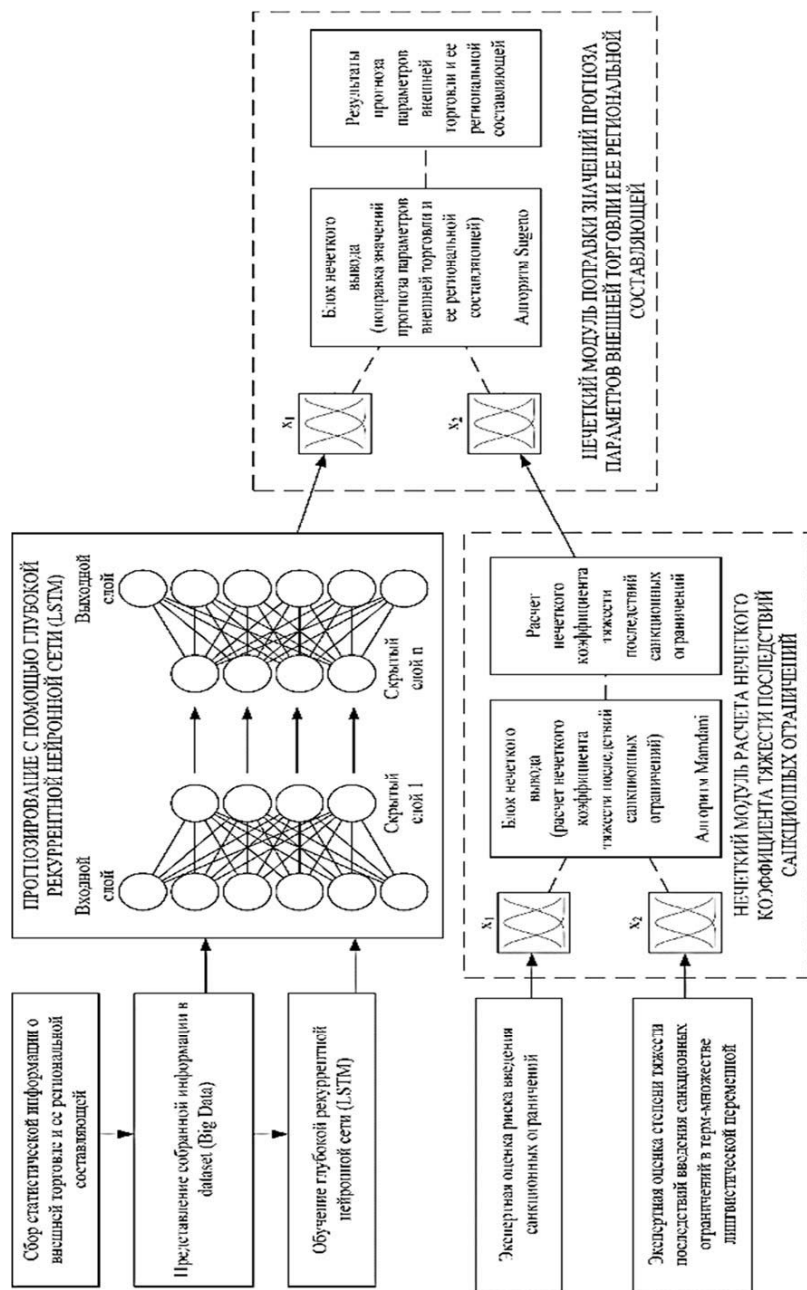


Рис. 1. Метод нейро-нечеткого прогнозирования тенденций развития региональной составляющей внешней торговли России в условиях кризисной ситуации

изменять длину кривошипа r и шатуна l , а длину коромысла h и стойки b оставлять без изменений. Варьированием длиной кривошипа r и шатуна l можно достигать определенных значений углов отклонения коромысла ψ_1 , ψ_2 и задавать асимметричное и симметричное ($\psi_1 = \psi_2$) его движение. Более подробно данное исследование изложено в [4].

Вторым этапом проектирования является установление геометрической зависимости между положениями входного и выходного звеньев приводного механизма и на основе данного исследования разработка аналитического метода кинематики и динамики.

Третий этап проектирования заключается в исследовании кинематических характеристик звеньев приводного механизма.

Четвертый этап направлен на разработку теоретической модели рабочей камеры цепного агрегата, которая позволяет определить силы взаимодействия звеньев рабочей камеры с приводным механизмом [5, 6].

Пятый этап является заключительным при проектировании приводного механизма и позволяет определить величину уравнивающего момента на кривошипе и значения реакций в кинематических парах.

Таким образом, одним из основных подходов проектирования цепных агрегатов является поэтапное исследование приводного механизма и при изученных его закономерностях возможен переход к исследованию вопросов, связанных с проектированием рабочей камеры. Теоретической основой для её проектирования являются разработанные модели рабочей камеры [5, 6].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агрегат для переработки неоднородных и сложных по составу и свойствам материалов: пат. ЕАПО 038851 / Л. А. Сиваченко, В. А. Потапов, Т. Л. Сиваченко. – Оpubл. 28.10.2021.
2. Потапов, В. А. Исследование влияния режимов работы цепного агрегата на показатели процесса измельчения мела в технологии производства извести / В. А. Потапов, Л. А. Сиваченко, В. А. Дремук // Вестн. БарГУ. Технические науки. – 2021. – Вып. 9. – С. 37–43.
3. Сиваченко, Л. А. Многоцелевые технологические аппараты с гибким волновым рабочим оборудованием / Л. А. Сиваченко, В. А. Потапов, М. С. Кузьменкова // Вестн. БГТУ им. В. Г. Шухова. Машиностроение и машиноведение. – 2022. – № 9. – С. 88–98.
4. Патапаў, У. А. Даследаванне асіметрыі ваганняў выхаднога звяна прываднага механізма ланцужага аграгата / У. А. Патапаў, С. І. Русан, Л. А. Сівачэнка // Механіка. Исследования и инновации. – 2021. – Вып.14. – С. 167–173.
5. Патапаў, У. А. Мадэліраванне і аналіз сілавога ўзаемадзеяння звянаў у рабочей камеры ланцужага аграгата / У. А. Патапаў, С. І. Русан, Л. А. Сівачэнка // Вестн. Брест. гос. техн. ун-та. Машиностроение. – 2023. – № 1. – С. 95–108.
6. Патапаў, У. А. Камбінаваная і трохстрыжнявая мадэлі рабочых органаў камеры ланцужага аграгата і іх даследаванне / У. А. Патапаў, С. І. Русан, Л. А. Сівачэнка // Вестн. Брест. гос. техн. ун-та. Машиностроение. – 2023. – № 2. – С. 85–92.

УДК 669

УПРОЧНЕНИЕ ШТАМПОВОЙ ОСНАСТКИ ТЛЕЮЩИМ РАЗРЯДОМ С ПРИКАТОДНЫМ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ

М. А. РАБЫКО¹, С. С. ДУДКИНА¹, В. В. ШЕМЕНКОВ²Научный руководитель В. М. ШЕМЕНКОВ¹, канд. техн. наук, доц.¹Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

²Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Минск, Беларусь

В условиях постоянно развивающейся республиканской и мировой экономики на предприятиях как машиностроительного профиля, так и других ключевой задачей стало эффективное увеличение собственной производительности.

Одной из перспективных технологий, которая позволяет обеспечивать рост производительности труда, экономии дорогостоящих и дефицитных инструментальных материалов, энергии и трудовых ресурсов, является технология повышения эксплуатационных характеристик обработки тлеющим разрядом с прикатодным магнитным полем. Она заключается в том, что изделие помещается на стол-катод, который находится между источником создания силовых линий магнитного поля (кольцевой катушки индуктивности). Катушка подключается через диодный мост к постоянному источнику питания (рис. 1) [1, 2].

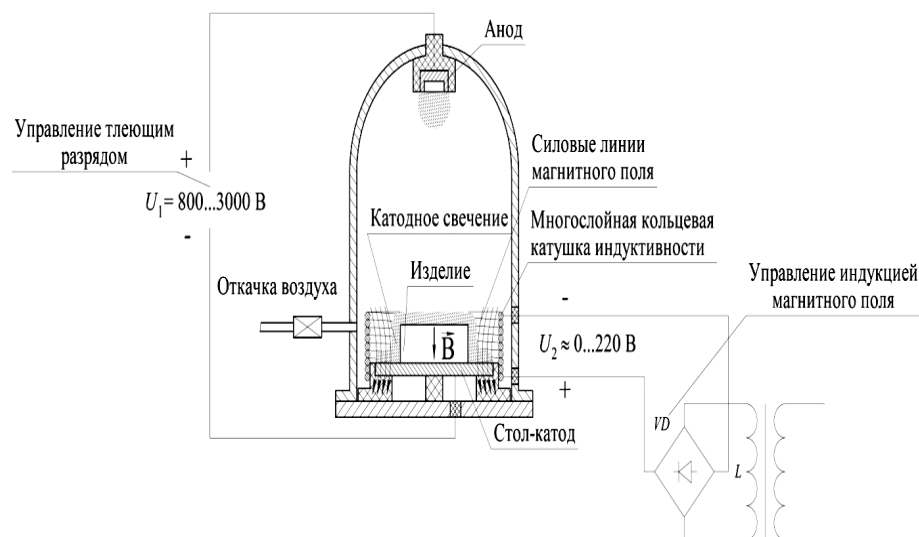


Рис. 1. Схема подключения кольцевой катушки индуктивности: L – кольцевая катушка индуктивности; VD – диодный мост

УДК 339.5

НЕЙРО-НЕЧЕТКОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕГИОНАЛЬНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ВНЕШНЕЙ ТОРГОВЛИ РОССИИ В УСЛОВИЯХ КРИЗИСНЫХ СИТУАЦИЙ

П. С. ХАРЛАМОВ

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

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

В условиях глобализации мирового сообщества особая роль принадлежит внешней торговле, являющаяся одним из элементов обеспечения недостатка дефицитных продуктов в странах мира, глобального экономического развития стран мира. Немаловажное значение в участии каждого конкретного государства во внешней торговле имеет региональная составляющая, особенно в приграничных и производственных регионах.

Вместе с тем на региональную составляющую внешней торговли страны значительно влияют кризисные ситуации (например, во время экономического кризиса, в условиях санкционных ограничений, ограничений, связанных с ухудшением эпидемиологического фона в регионе, с введением чрезвычайного или военного положений). При этом эффект от данных ситуаций является преимущественно негативным, в связи с чем необходимо их превентивно предупреждать и принимать соответствующие меры для нивелирования последствий. В частности, приводя примеры для Российской Федерации, стоит отметить ряд ключевых событий, значительно повлиявших на внешнюю торговлю рассматриваемой страны:

- влияние экономического кризиса (Мирового экономического кризиса в 2008–2009 гг.) отразилось на спаде производственных возможностей целого ряда регионов Российской Федерации, имеющих большую региональную составляющую во внешней торговле страны;

- введение санкционных ограничений (в 2014–2016 гг., 2022–2023 гг.) позволило перенести акцент на развитие производства внутри страны и развитие внутренней торговли, при этом внешняя торговля также оставалась и остается одним из приоритетов и двигателем развития страны;

- введение ограничений, вызванных пандемией новой коронавирусной инфекции, привело к сокращению мирового спроса и внешней торговли многих стран мира и ее региональной составляющей.

Для эффективного прогнозирования предлагается применять разработанный метод нейро-нечеткого прогнозирования, представленный на рис. 1, отличающийся большей точностью за счет использования глубокой рекуррентной нейронной сети (LSTM) и обладающий за счет нечетких моделей анализа лингвистических переменных, описывающих текущую геополитическую и экономическую ситуацию, большей чувствительностью к изменениям.

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ МУНИЦИПАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

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 немаловажное значение в развитии муниципальных образований имеют правильно спланированные стратегия социально-экономического развития и бюджет муниципального образования. Однако для правильного планирования направлений социально-экономического развития и соответствующих бюджетных ассигнований для финансирования муниципальных проектов и программ необходим правильный анализ текущего положения муниципального образования. Одним из инструментов анализа выступает система сбалансированных показателей, первым этапом использования которой является моделирование направлений развития (пример приведен на рис. 1).

Достоинством предварительного моделирования является четкое понимание системы показателей в разрезе перспектив и дальнейшее соответствие в рамках субъекта Российской Федерации.

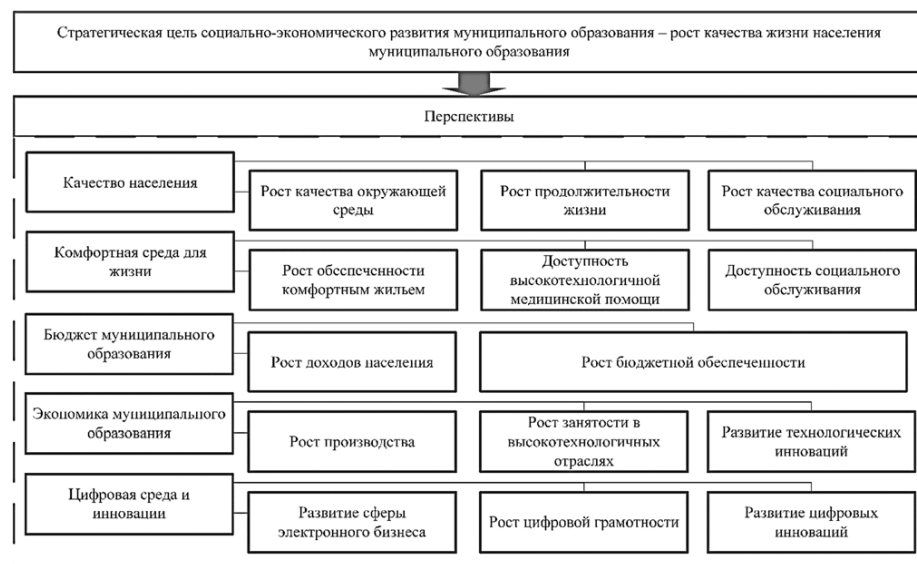


Рис. 1. Типовая модель стратегического развития муниципального образования на основе стратегии социально-экономического развития муниципального образования (на примере муниципального образования г. Смоленск)

Одной из наиболее распространенных и универсальных характеристик, определяющих качество штамповых сталей, возможность их применения в различных конструкциях инструментов и при различных условиях работы, является их микротвердость.

Результаты дюрOMETрического анализа образцов из штамповых сталей представлены на рис. 2–4.

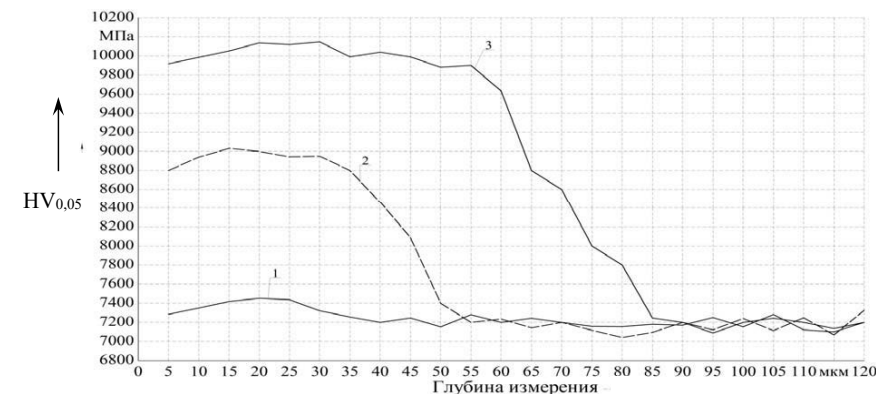


Рис. 2. Микротвердость поверхностного слоя образцов из стали X12МФ: 1 – микротвердость поверхностного слоя образцов до обработки; 2 – после обработки тлеющим разрядом с оптимальными параметрами; 3 – после обработки тлеющим разрядом с прикатодным магнитным полем с оптимальными параметрами



Рис. 3. Микротвердость поверхностного слоя образцов из стали 4Х4ВМФС: 1 – микротвердость поверхностного слоя образцов до обработки; 2 – после обработки тлеющим разрядом с оптимальными параметрами; 3 – после обработки тлеющим разрядом с прикатодным магнитным полем с оптимальными параметрами

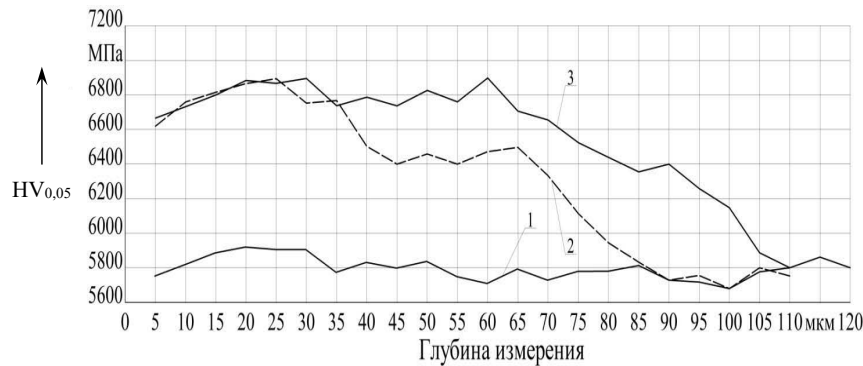


Рис. 4. Микротвердость поверхностного слоя образцов из стали 5Х3ВЗМФС: 1 – микротвердость поверхностного слоя образцов до обработки; 2 – после обработки тлеющим разрядом с оптимальными параметрами; 3 – после обработки тлеющим разрядом с прикатодным магнитным полем с оптимальными параметрами

Максимальная микротвердость образцов из стали достигается путем упрочнения с оптимальными режимами с учетом наименьшей удельной мощности горения (W , кВт/м²), приведенными в табл. 1 и 2 [1, 3–5].

Табл. 1. Оптимальные режимы обработки образцов из стали тлеющим разрядом

Сталь	Оптимальное значение технологических параметров обработки				Приращение твердости ΔHV , %
	U , кВ	J , мА/м ²	T , мин	W , кВт/м ²	
5Х3ВЗМФС	3,0...3,2	0,375	35	0,8	117,3
X12МФ	3,0...3,2	0,375	30	1,2	117,7
4Х4ВМФС	0,8...1,25	0,375	45	0,3	114,6

Табл. 2. Оптимальные режимы обработки образцов из стали тлеющим разрядом с прикатодным магнитным полем

Сталь	Оптимальное значение технологических параметров обработки					Приращение твердости ΔHV , %
	U , кВ	J , мА/м ²	T , мин	W , кВт/м ²	B , Тл	
5Х3ВЗМФС	2,5...2,7	0,190	25	0,6	0,04...0,06	130,8
X12МФ	1,0...1,25	0,170	20	0,8		120,9
4Х4ВМФС	0,8...1,2	0,130	18	0,2		119,2

УДК 331.108

ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ КАПИТАЛ В ИННОВАЦИОННОЙ ЭКОНОМИКЕ

Д. Р. ТАДЖИЕВА

Ташкентский филиал Российского экономического университета
имени Г. В. Плеханова
Ташкент, Узбекистан

Современный мир неумолимо движется вперед, опираясь на столпы технологического прогресса и инноваций. Однако сила, питающая эти процессы, заключается не только в передовых технологиях и креативных идеях. Один из ключевых источников силы инновационных процессов – человеческий капитал. Этот понятийный комплекс включает в себя знания, навыки, опыт и способности, которые обогащают инновационную среду и определяют путь её развития.

Человеческий капитал является сокровищницей знаний, опыта и креативности, которые несравненно важны в инновационной экономике. Именно он дает толчок к разработке новых идей, их реализации и дальнейшему применению. Навыки и компетенции индивидов становятся катализаторами развития, т. к. они позволяют преобразовывать теоретические знания в реальные инновационные продукты и услуги. Ведь даже самые передовые технологии не имеют значения без людей, способных их осмыслить и воплотить в жизнь. Человеческий капитал играет существенную роль на каждом этапе инновационного процесса. На стадии исследования и разработки он обеспечивает создание новых идей, их анализ и преобразование в концепции. Затем, на этапе внедрения, человеческий капитал обеспечивает необходимую экспертизу и ресурсы для трансформации идей в реальные продукты и услуги. Наконец, на этапе распространения, человеческий капитал поддерживает масштабирование инноваций, их адаптацию к разнообразным рыночным условиям и обеспечивает долгосрочную устойчивость.

Для того чтобы человеческий капитал эффективно действовал в инновационной экономике, необходимо уметь им управлять. Важно создать стимулирующую среду, где индивиды могут развивать свои навыки, вносить свой вклад и взаимодействовать с другими творческими умами. Обучение и развитие сотрудников, поддержка их инициатив и возможность делиться знаниями – вот лишь некоторые методы, способствующие эффективному использованию человеческого капитала.

Человеческий капитал представляет собой ключевой камень в построении инновационной экономики. Его знания, навыки и творческая сущность питают инновационные процессы, определяя успех создания, внедрения и устойчивого развития новаторских решений. Понимание ценности человеческого капитала и методов его эффективного управления является неотъемлемым компонентом современной инновационной стратегии, направленной на преодоление вызовов и достижение результатов.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИННОВАЦИИ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ СЕБЕСТОИМОСТЬЮ КАРТОННО-БУМАЖНОЙ ПРОДУКЦИИ

М. А. СТЕПАНОВА

Научный руководитель Л. В. НАРКЕВИЧ, канд. экон. наук, доц.

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Информационно-аналитический блок управления себестоимостью продукции ОАО «Бумажная фабрика «Спартак» в проводимом исследовании акцентирует внимание на значимости отрицательного влияния фактора роста ее материалоемкости. Материалоемкость продукции в 2021 г. составила 0,673 р., что соответствует абсолютному увеличению относительно 2019–2020 гг. соответственно на 0,047 и 0,050 р. В динамике 2019–2021 гг. отмечен среднегодовой прирост материалоемкости в размере 3,69 %.

Рекомендован инновационный вектор устранения обозначенной диспропорции за счет совершенствования технологии изготовления бумажно-картонной продукции: внедрения прогрессивных форматов сырья, в частности высокопрочностных добавок, обеспечивающих механическую прочность продукции. Внедрение инновационных инструментов управления себестоимостью продукции ОАО «Бумажная фабрика «Спартак» предусматривает интеграцию в механизм управления совокупности трех направлений использования производственных резервов: ценового (реализация резервов снижения себестоимости); повышения качества продукции (реализация резервов роста конкурентоспособности продукции); совершенствования технологии производства продукции (внедрение технологических инноваций). Апробирована технологическая инновация замены импортируемых крахмальных клеев на адгезивы на основе кукурузного крахмала, бура, резорцина отечественного выпуска в производстве гофрокартона без дополнительных затрат на техническое перевооружение. Рекомендуемые адгезивы являются вторичным сырьем химической промышленности и обеспечивают циркулярную модель экономики. Также высокие показатели адгезии улучшают качественные параметры влагостойкости клеевого шва и, соответственно, конкурентоспособность произведенной продукции. Экономический эффект внедрения инновационной технологии замены сырья рассмотрен по направлениям: оптимизация материалоемкости бумажно-картонной продукции в результате снижения норм расхода материалов и цен на материалы; соответствующее уменьшение себестоимости продукции и прирост прибыли от ее реализации.

В результате замены крахмальных клеев на адгезивы в технологическом процессе производства гофрокартона снижение удельных материальных затрат и, соответственно, себестоимости составит 0,14 тыс. р., что в пересчете на проектный объем производства (53750 тыс. м²) соответствует экономическому эффекту снижения затрат и прироста прибыли в размере 7373,14 тыс. р.

В табл. 3 приведен сравнительный анализ максимальных значений прироста микротвердости образцов, подвергнутых обработке, как классическим тлеющим разрядом, так и с использованием прикатодного магнитного поля [1].

Исходя из анализа данных, приведенных в табл. 3, можно сделать вывод о том, что применение магнитного поля при обработке изделий тлеющим разрядом приводит к дополнительному росту микротвердости их поверхностей.

Табл. 3. Максимальные значения микротвердости при различных методах обработки образцов

Сталь	Твердость образцов после упрочнения классическим тлеющим разрядом HV	Твердость образцов после упрочнения тлеющим разрядом с прикатодным магнитным полем HV	Приращение твердости ΔHV, %
5Х3ВЗМФС	618	710	11...13
X12МФ	996	1092	7...9
4Х4ВМФС	719	780	8...10

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Шеменков, В. М.** Инженерия поверхностного слоя инструментальной оснастки тлеющим разрядом: монография / В. М. Шеменков, М. А. Рабыко, А. Н. Юманова; под общ. ред. В. М. Шеменкова. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2023. – 250 с.: ил.
2. **Рабыко, М. А.** Использование прикатодного магнитного поля как фактор повышения эффективности упрочнения тлеющим разрядом штамповой оснастки [Электронный ресурс] / М. А. Рабыко, В. М. Шеменков // Инновационные технологии в машиностроении: электрон. сб. материалов Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 55-летию Полоцкого гос. ун-та имени Евфросинии Полоцкой, Новополоцк, 18–19 апр. 2023 г. – Новополоцк, 2023. – С. 153–155.
3. **Рабыко, М. А.** Влияние прикатодного магнитного поля на структурно-фазовое состояние инструментальной штамповой стали 5Х3ВЗМФС при обработке ее тлеющим разрядом / М. А. Рабыко, В. М. Шеменков // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2022. – № 3. – С. 77–86.
4. **Шеменков, В. М.** Влияние прикатодного магнитного поля на эффективность процесса упрочнения тлеющим разрядом штамповой стали 4Х4ВМФС / В. М. Шеменков, М. А. Рабыко, В. В. Шеменков // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2023. – № 3. – С. 115–125.
5. **Шеменков, В. М.** Влияние прикатодного магнитного поля на степень упрочнения тлеющим разрядом штамповой стали X12МФ / В. М. Шеменков, М. А. Рабыко // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2023. – № 2. – С. 118–128.

УДК 656; 633; 636.084.1

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ РЫНКА И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АВТОНОМНЫХ МОБИЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА БАЗЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА И МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Д. В. ШНИП

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

Современное состояние различных элементов для автономных мобильных транспортных средств на базе электропривода и микропроцессорных систем управления, а именно:

- автоматизированного электропривода (АЭП);
- автономных источников электроэнергии (АКБ);
- микропроцессорных систем управления (МПСУ);
- вентильных силовых преобразователей, однозначно определило появление на мировом рынке, стран СНГ, Российской Федерации, Республики Беларусь мобильных транспортных средств на базе автоматизированного электропривода и микропроцессорных систем управления (МАТС с АЭП и МПСУ).

Мировые производители МАТС с АЭП и МПСУ представлены следующими брендами: Noblelif (КНР); JAC (КНР); Baoli (КНР); TM «FEELER» (КНР); JUNGHEINRICH (КНР); URBAN (Германия); Holm & Laue (Германия); Fendt (Германия); Dahlia Robotics (Германия); Lely (Нидерланды); WASSER BAUER (Австрия); Sveaverken (Швеция); Ekobot (Швеция); Korechi (Канада); Burro (США).

Производители стран СНГ: RUTRIKE (Российская Федерация); GEKA (Российская Федерация); Милберг (Российская Федерация); Завод АгроДеталь (Российская Федерация); Дом Аграрных Решений (Российская Федерация); Молферма (Российская Федерация); Крушня (Республика Беларусь); Salutem (Республика Беларусь); Либерти Агро (Республика Беларусь); Кривис агро (Республика Беларусь); АЛЬФАПАНЕЛЬ (Республика Беларусь); Слободской машиностроительный завод (Российская Федерация).

Далее рассмотрим основные области применения МАТС с АЭП и МПСУ.

Области применения МАТС с АЭП и МПСУ:

- 1) логистические центры;
- 2) склады различного функционального назначения;
- 3) промышленные предприятия;
- 4) предприятия сельского хозяйства по производству молока;
- 5) предприятия тепличных хозяйств;
- 6) сельскохозяйственные луга/поля.

Наиболее широко типовая конструкция МАТС с АЭП и МПСУ используется в логистических центрах (рис. 1), на складах различного функцио-

УДК 330.44

ПЕРСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ РЕАЛИЗАЦИИ РЕЗЕРВОВ СНИЖЕНИЯ СЕБЕСТОИМОСТИ ПРОДУКЦИИ ПРЕДПРИЯТИЯ

В. В. СТЕПАНОВА

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

В аналитической части исследования себестоимости продукции ОАО «Бумажная фабрика «Спартак» установлены значительный уровень ее материалоемкости и отрицательная динамика роста по профилю данного показателя. В качестве стратегического источника резервов снижения себестоимости на фоне высокоавтоматизированного производства картонно-бумажной продукции рассмотрено снижение материалоемкости по прямым материальным затратам. В исследовании рекомендовано совершенствование технологического процесса изготовления картонно-бумажной продукции за счет роста бумагообразующего потенциала вторичных волокон, снижения ороговения поверхности, термической деструкции, укорочения и ослабления индивидуальных волокон, а также роста пластичности и способности волокон набухать. Для повышения физико-механических показателей волокнистых материалов (бумаги, картона) рассмотрено использование в технологическом процессе наноцеллюлозы: замена беленой целлюлозы на нанопибриллирную целлюлозу при производстве бумаги. Эффект внедрения проектной технологии в производстве картонно-бумажной продукции предприятия выразится в снижении себестоимости производства по направлениям экономии материальных затрат, накладных затрат на единицу продукции за счет замены материала и роста объемов производства. Расчет годового эффекта произведен исходя из проекта производственной программы выпуска офисной бумаги в объеме 57294 т. Установлено, что в результате замены беленой целлюлозы на нанопибриллирную целлюлозу в технологическом процессе производства офисной бумаги в пересчете на проект объема производства годовой экономический эффект составит 2808,55 тыс. р.

Результаты перспективного анализа реализации резервов снижения себестоимости продукции ОАО «Бумажная фабрика «Спартак» показали, что применение прогрессивных материалов при производстве картонно-бумажной продукции позволит повысить показатели механической прочности, что обеспечит возможность создания более прочных материалов с использованием вторичного сырья. Годовая экономия затрат по ассортиментным позициям гофрокартона и офисной бумаги определена в размере 10181,69 тыс. р., что обеспечит соответствующий прирост валовой прибыли и прибыли от реализации продукции. В структуре снижения затрат по видам продукции наибольший удельный вес отнесен на снижение расхода материалов по гофрокартону (72,42 %); на офисную бумагу соответственно приходится 27,58 %.

УДК 620.97

ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОТЕНЦИАЛОВ СОЛНЕЧНОЙ И ВЕТРОВОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГИБРИДНЫХ СИСТЕМ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ

Т. В. РОЖКОВА

Научный руководитель Б. В. ЕРМОЛЕНКО, канд. техн. наук, доц.
Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева
Москва, Россия

Технический прогресс в области возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и вводимые государством стимулирующие механизмы обуславливают актуальность создания автономных гибридных систем энергоснабжения на основе ВИЭ в труднодоступных и малонаселенных регионах.

Задача оптимального проектирования такой системы на стадии обоснования инвестиций требует предварительной оценки энергетических потенциалов на территории планируемого размещения. Для этого необходимо рассчитать потенциалы в узлах географической сетки с шагом в 0,25 град по меридиану и 0,5 град по параллели. Далее производится оценка электроэнергетических потенциалов в этих точках для каждого часа суток каждого месяца за последние 10 лет путем обработки статистической информации о средних скоростях ветра на базовой высоте 50 м и инсоляции на горизонтальную поверхность, содержащейся в базе данных NASA POWER. Для выгрузки и обработки этой информации, относящейся к территории Российской Федерации и других стран СНГ, разработана программа, позволяющая получить данные многолетних наблюдений, рассчитать средние значения скоростей ветра и средние инсоляции с распределением по часам суток каждого месяца года. Для выбора ветроэнергетических установок по результатам проведенных расчетов определяются вероятности попадания скоростей ветра в заданные интервалы градации, с помощью их – значения параметров A и K функции плотности вероятности распределения Вейбулла и электроэнергетические потенциалы для каждого вида оборудования на базовой и заданных высотах. Знание почасовых инсоляций и КПД различных фотоэлектрических установок является основой для определения их электроэнергетических потенциалов.

Полученные данные позволяют оценить месячные и годовые теплоэнергетические, топливные, ресурсосберегающие, экологические и экономические потенциалы рассматриваемого оборудования.

Разработка экономико-математических моделей и их актуализация с применением данной информации позволит оптимизировать направления инвестирования средств в создание гибридных систем энергоснабжения в выбранных точках их размещения. Для поиска оптимальных решений планируется использовать модели и методы частично целочисленного линейного программирования, язык программирования Mosel, программный комплекс Xpress Optimization компании Fico.

нального назначения (рис. 2), на промышленных предприятиях (рис. 3), на предприятиях сельского хозяйства по производству молока, для молодняка (рис. 4), на предприятиях сельского хозяйства по производству молока, для взрослых особей (рис. 5), на предприятиях тепличных хозяйств (рис. 6), на сельскохозяйственных лугах/полях (рис. 7).



Рис. 1. Типовая конструкция МАТС с АЭП и МПСУ, применяемая в логистических центрах



Рис. 2. Типовая конструкция МАТС с АЭП и МПСУ, применяемая на складах различного функционального назначения



Рис. 3. Типовая конструкция МАТС с АЭП и МПСУ, применяемая на промышленных предприятиях



Рис. 4. Типовая конструкция МАТС с АЭП и МПСУ, применяемая на предприятиях сельского хозяйства по производству молока, для молодняка

УДК 330.522.2

РАЗВИТИЕ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

А. В. ПРОХОРОВА

Научный руководитель О. Д. МАКАРЕВИЧ

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Инвестиционная деятельность промышленного предприятия должна быть направлена на достижение эффективности предпринимательской деятельности за счет выпуска высокомаржинальной продукции, что возможно за счёт наращивания производства конкурентоспособной продукции, сокращения затраченных ресурсов, выхода на новые рынки сбыта и оптимизации логистических издержек. В данном исследовании рассмотрена деятельность предприятия радиотехнического профиля, деятельность которого направлена на разработку и производство оборудования для комплектации лифтов, светодиодного оборудования общего и транспортного назначения. Все вышеописанные задачи предлагается решить путем установки высокотехнологического оборудования, позволяющего производить продукцию улучшенного качества и в большем объеме при одновременном снижении энергопотребления.

Наиболее актуальной проблемой для рассматриваемого предприятия в настоящее время является техническое переоснащение производства, что обусловлено высоким износом основных производственных средств (51,9 %). Несмотря на проводимое техническое перевооружение ОАО «Зенит», износ активной части его основных средств является высоким и составляет 61,4 %, удельный вес группы оборудования от 20 и выше лет – 48,1 %, что свидетельствует о необходимости внедрения нового современного высокопроизводительного оборудования, т. е. проведения активной инвестиционной деятельности.

В рамках исследования предложен инвестиционный проект приобретения универсального намоточного станка СУН-1.8 МЛР стоимостью 140 тыс. р. Согласно проведенным расчетам уже в 2026 г. предприятие получит положительный чистый поток наличности от реализации данного проекта. Срок окупаемости составит 1,66 года или 20 месяцев. Также чистый дисконтированный доход составит 69,67 тыс. р. за 3 года реализации проекта. Индекс доходности – 1,50.

Расчет резервов роста фондоотдачи и фондорентабельности в результате реализации предложенного инвестиционного проекта показал, что использование выявленных резервов, с учетом дополнительного приобретения оборудования, позволит увеличить фондоотдачу на 0,0121 р. или на 0,44 %, а фондорентабельность может увеличиться на 0,083 п. п. в планируемом году и составит 19,023 %. Таким образом, рассматриваемый инвестиционный проект является эффективным.

А. И. НИКОЛАЕНКО
 Научный руководитель О. Д. МАКАРЕВИЧ
 Белорусско-Российский университет
 Могилев, Беларусь

В рамках проведенного исследования были изучены существующая система управления персоналом и показатели текучести кадров на примере Mogilevskogo предприятия СУП «Могилевская СПМК».

Для оценки текучести кадров был проведен анализ показателей движения персонала предприятия за 2020–2021 гг. (табл. 1).

Табл. 1. Показатели движения персонала СУП «Могилевская СПМК»

Показатель	Значение по годам		
	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Списочная численность работников, чел.	72	66	60
Среднесписочная численность работников, чел.	64	59	52
Численность уволенных работников, чел.	35	25	24
Численность работников, принятых на работу, чел.	39	19	13
Коэффициент оборота по приему персонала, %	60,94	32,20	25
Коэффициент оборота по увольнению персонала, %	54,69	42,37	46,15
Коэффициент текучести, %	54,69	42,37	46,15
Коэффициент постоянства кадров, %	57,81	69,49	69,23

Анализ показал, что на протяжении 2020–2022 гг. наблюдалась тенденция к уменьшению численности работников: за 2022 г. уменьшилась численность уволенных работников, по сравнению с 2021 г., на 4 %, но вместе с этим уменьшилась численность принятых на работу сотрудников на 31,58 %. Был также замечен достаточно высокий уровень коэффициента текучести кадров. С учетом того, что на данном предприятии в основном идет отток рядовых рабочих (норма коэффициента текучести кадров – до 30 %), значение данного показателя значительно высоко, что свидетельствует о серьезных проблемах с персоналом в организации. О высокой текучести также может говорить коэффициент постоянства кадров, который должен в идеальном состоянии стремиться к 1, что, к сожалению, мы не наблюдаем в СУП «Могилевская СПМК».

Из приведенной информации следует, что на протяжении анализируемого периода не были приняты профилактические меры по снижению текучести кадров. Однако можно отметить, что в организации высокая текучесть кадров не носит отрицательный характер, т. к. анализ показателей эффективности использования труда показал, что темпы роста производительности труда опережают темпы роста оплаты труда. Причиной высокой текучести является достаточно зрелый возраст работников организации, неудовлетворенность заработной платой и неудовлетворенность условиями труда.



Рис. 5. Типовая конструкция МАТС с АЭП и МПСУ, применяемая на предприятиях сельского хозяйства по производству молока, для взрослых особей



Рис. 6. Типовая конструкция МАТС с АЭП и МПСУ, применяемая на предприятиях тепличных хозяйств



Рис. 7. Типовая конструкция МАТС с АЭП и МПСУ, применяемая на сельскохозяйственных лугах/полях

Анализ основных характеристик конструкций МАТС с АЭП и МПСУ показывает, что можно выполнить классификацию по следующим характеристикам.

1. Собственный вес изделий:

- для логистических центров – от 80 до 500 кг;
- для складов различного функционального назначения – от 3000 до 5000 кг без груза до 8000 кг с грузом;
- для промышленных предприятий – от 3000 до 5000 кг без груза до 8000 кг с грузом;
- для предприятий сельского хозяйства по производству молока – от 100 до 2500 кг;
- для предприятий тепличного хозяйства – от 100 до 2500 кг;
- для сельскохозяйственных лугов/полей – от 50 до 450 кг.

2. Источник питания – тяговые АКБ.

3. Напряжение тяговых АКБ:

- для логистических центров – от 48 до 60 В;
- для складов различного функционального назначения – от 24 до 80 В;
- для промышленных предприятий – от 24 до 80 В;
- для предприятий сельского хозяйства по производству молока – от 12 до 24 В;
- для предприятий тепличного хозяйства – от 12 до 24 В;
- для сельскохозяйственных лугов/полей – от 12 до 48 В.

УДК 338.24

УПРАВЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ СБЫТОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ В КОНТЕКСТЕ ЕГО УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Е. Д. МАКАРОНОК

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

В исследовании разработан комплекс мероприятий по повышению эффективности сбытовой деятельности ОАО «Лента», направленный на обеспечение его устойчивого развития. В рамках диагностики произведен анализ механизма управления эффективностью сбытовой деятельности, выявлены диспропорции параметров и предложены мероприятия по их устранению. Детерминированный анализ позволил определить влияние факторов на изменение выручки от реализации, объема отгрузки и рентабельности продаж в динамике 2019–2021 гг. Увеличение выручки от реализации по общему ассортименту связано с увеличением объема выпуска и снижением остатков неоплаченной продукции; негативное влияние оказало увеличение уровня остатков готовой продукции. Снижение объема отгрузки, которое наблюдалось по большей части товарных групп, объясняется снижением объема реализации в натуральном выражении и смещением структуры сбыта в сторону более дешевых изделий. Анализ снижения рентабельности продаж, проводимый на примере одной из наиболее крупных групп ленточных изделий – лент эластичных, дал возможность выявить негативные факторы: снижение объема реализации в натуральном выражении и повышение затратоемкости продукции, которые не позволили компенсировать рост отпускных цен. Стохастический анализ объема отгрузки продукции предприятия на внутреннем рынке позволил установить положительную зависимость с уровнем цифровизации сбыта и отрицательную – с продолжительностью оборота дебиторской задолженности покупателей и уровнем удовлетворенности населения в текстильных изделиях.

Рекомендован ряд инновационных проектов роста эффективности сбытовой деятельности предприятия: расширение каналов сбыта с использованием инструментов электронной коммерции; оптимизация торговопроводящей сети предприятия; внедрение программ лояльности для крупных заказчиков.

Инновационный подход к управлению эффективностью сбытовой деятельности предприятия предусматривает расширение присутствия ОАО «Лента» на площадках электронной торговли путем открытия фирменного магазина на одном из наиболее популярных маркетплейсов, что позволит увеличить выручку от реализации на 1377,5 тыс. р. и прибыль от реализации на 364 тыс. р., а также обеспечить рост рентабельности продаж с 10,6 % до 11,0 %.

УДК 330.322

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИВЛЕЧЕНИЯ ИНВЕСТИЦИЙ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ХАРАКТЕРА ДЛЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ ПАРТНЕРСКОГО БАНКИНГА

Е. А. КИРИЛЛОВА, Д. А. ШУТОВ

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

Реализация инновационных процессов на современном этапе в связи с ростом их стоимости, ресурсоемкости и, как следствие, вовлечением большого числа участников, потребностью в минимизации времени вывода продукта и/или услуги на рынок становится довольно сложной и низкоэффективной без привлечения дополнительных и, прежде всего, финансовых ресурсов. Именно нехватка финансовой поддержки при коммерциализации инновационных идей и предложений отмечается как один из основных сдерживающих факторов [1]. Стратегические направления по реализации программ по импортозамещению только обостряют данную потребность и существенно сокращают сроки перестройки технологических линий и производственного оборудования для ее удовлетворения [2].

Изменения внешних условий, трансформация самого инновационного процесса расширяют возможности по привлечению дополнительных финансовых ресурсов в новых формах финансирования. Механизм поддержки инновационных процессов с использованием инструментов партнерского банкинга как одна из функций инновационной экосистемы позволит:

- диверсифицировать источники финансовой поддержки;
- привлечь дополнительные инвестиции мусульманских стран, заинтересованных в инновационных решениях, в том числе для поддержки реализации национальных проектов;
- снизить риски невозврата инвестиций и срок их окупаемости, а также повысить эффективность вложений;
- сделать интеграцию разрозненных хозяйствующих субъектов и элементов инновационных экосистем теснее;
- реализовать глобальный доступ к ресурсам без посредников в необходимом количестве в требуемое время, что сократит затраты на их создание, а для владельцев – текущие затраты на обслуживание;
- поддерживать традиционно малопривлекательных для кредитования участников инновационного процесса.

Исследование выполнено за счет гранта РНФ (проект № 23-78-01197).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Заенчковский, А. Э. Проблемы развития региональной инфраструктуры поддержки инноваций в промышленности / А. Э. Заенчковский // Инновации. – 2007. – № 5 (103). – С. 71–72.
2. Яндыбаева, Н. В. Динамическая модель для прогнозирования показателей качества жизни в регионе / Н. В. Яндыбаева // Прикладная информатика. – 2023. – Т. 18, № 1 (103). – С. 129–143.

4. Время работы тяговых АКБ МАТС с АЭП и МПСУ без подзарядки:

- для логистических центров – от 2 до 3 ч;
- для складов различного функционального назначения – от 20 до 30 ч;
- для промышленных предприятий – от 20 до 30 ч;
- для предприятий сельского хозяйства по производству молока – от 2 до 12 ч;
- для предприятий тепличного хозяйства – от 12 ч;
- для сельскохозяйственных лугов/полей – от 2 до 12 ч.

5. Электропривод следующих систем:

- АЭП с двигателем постоянного тока с последовательным возбуждением;
- АЭП с двигателем постоянного тока с независимым возбуждением.

6. Дорожный просвет составляет:

- для неpoleвых конструкций МАТС с АЭП и МПСУ – от 100 до 120 мм;
- для полевых конструкций МАТС с АЭП и МПСУ – от 120 мм и выше.

7. Диаметр колёс конструкций МАТС с АЭП и МПСУ находится в диапазоне от 260 до 400 мм.

Перспективы развития МАТС с АЭП и МПСУ.

1. По материалам. Построение конструкций с использованием новых материалов, в особенности современных углепластиковых, стеклопластиковых и полимерных материалов:

- среди полимеров особый интерес – использование поликарбонатов;
- среди стеклопластиков особый интерес – использование для изготовления элементов конструкции полых, трубчатых, плоских стеклопластиков;
- все конструкции МАТС с АЭП и МПСУ, кроме используемых в логистических центрах, используются в очень тяжёлых условиях, а именно использование происходит в условиях постоянного воздействия органических и неорганических химически активных веществ, поэтому особый интерес представляет использование современных углепластиковых, стеклопластиковых и полимерных материалов.

2. По электромоторам АЭП. Использование вентильных тяговых электродвигателей.

3. По редукторам. Использование новых конструкций редукторов, в том числе разработок ученых нашего университета, например, разработка – редуктор со сферической роликовой передачей.

4. Использование в вентильных преобразователях силовых интеллектуальных полупроводниковых модулей.

5. Использование новых алгоритмов управления для технологических процессов, выполняемых МАТС с АЭП и МПСУ.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛИМЕРИЗАЦИИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В УСТАНОВКАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВЕДЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

А. И. АКИМОВ

Филиал «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И. М. Губкина» в г. Оренбурге
Оренбург, Россия

В работе составлена математическая модель процесса полимеризации на этапе нагрева композиционных материалов при их изготовлении в установках автоматического ведения технологических процессов (АВТП). Представлен численный и аналитический метод решения задачи массообмена на первом этапе производства композиционных материалов в установках АВТП, описывающих работу на первом этапе полимеризации для изготовления многослойных композиционных материалов, рассматриваются результаты изучения теплопередачи в многослойных изделиях на первом этапе производства композиционных материалов. Многослойные композиционные материалы изготавливаются в установках АВТП методом полимеризации. При полимеризации выделяется тепло фазового перехода. Поэтому при разработке системы управления производством композиционных материалов приходится учитывать различные факторы. Из общей модели составим частные модели, соответствующие каждому интервалу полимеризации композитов, и решим их численными методами.

Произведем математическое моделирование процесса полимеризации на этапе нагрева композиционных материалов при их изготовлении в установках АВТП.

Составим математическую модель проблемы «теплообмена и массообмена»:

$$\frac{\partial U_k(r_k, \tau)}{\partial \tau} = a_{gk}^2 \left(\frac{\partial^2 U_k(r_k, \tau)}{\partial r_k^2} + \frac{1}{r_k} \cdot \frac{\partial U_k(r_k, \tau)}{\partial r_k} \right) + \sigma \frac{c_{mk}}{c_{gk}} \frac{d_k}{1-d_k} \frac{\partial m_k(r_k, \tau)}{\partial \tau} + W_k(r_k, \tau);$$

$$\frac{\partial m_k(r_k, \tau)}{\partial \tau} = a_{mk}^2 (1-d_k) \left(\frac{\partial^2 m_k(r_k, \tau)}{\partial r_k^2} + \frac{1}{r_k} \cdot \frac{\partial m_k(r_k, \tau)}{\partial r_k} \right); \quad k = 1, 2, \dots, N.$$

Используя данные уравнения, можно исследовать и найти решение уравнения

$$\frac{\partial U_k(r_k, \tau)}{\partial \tau} = a_{gk}^2 \left(\frac{\partial^2 U_k(r_k, \tau)}{\partial r_k^2} + \frac{1}{r_k} \frac{\partial U_k(r_k, \tau)}{\partial r_k} \right) + \sigma \frac{c_{mk}}{c_{dk}} \frac{d_k}{1-d_k} \frac{\partial m_k(r_k, \tau)}{\partial \tau} + W_k(r_k, \tau).$$

СБАЛАНСИРОВАННОЕ РАЗВИТИЕ РЕГИОНАЛЬНЫХ ИННОВАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ УПРАВЛЕНИЯ ПОТОКАМИ РИД

Е. А. КИРИЛЛОВА, А. Н. ШТЕМПЕЛЬ

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

В стратегических задачах научно-технологического развития страны в качестве одного из приоритетных отмечается инновационное направление на основе разработок и внедрения результатов интеллектуальной деятельности (РИД). Существенным, с учетом современных тенденций изменений макросреды, является выделение роли нематериальных активов в ценности создаваемого продукта и услуги, что повышает важность этапа разработки нового продукта и услуги, а также его коммерциализации [1]. Формирование устойчивого потока РИД лежит в основе современной экономики знаний.

Вместе с тем процесс перехода от стадии создания единицы РИД до изменения условий жизни и средств производства не всегда столь результативен. В рамках инновационного жизненного цикла он определяется наличием ресурсов и характеристик организаций и других участников, объединяющихся для их создания, структурными и ситуационными возможностями и ограничениями реализации такого взаимодействия. Прогнозирование данных аспектов, с учетом информации о РИД, поможет связать этапы инновационного процесса и сократить время вывода технологии на рынок. При этом наиболее перспективные инновационные проекты – те, которые, помимо собственной результативности, позволяют реализовать синергетические и мультипликативные эффекты, поскольку это способствует устойчивому развитию не только отдельных участников формируемой таким образом экосистемы, но и территории их локализации в целом. Такая интеграция в единую экосистему, в том числе за счет использования информационно-коммуникационных технологий [2], формирует пространство производственно-хозяйственных и социально-экономических связей на территории локализации, оценка которой возможна на основе анализа РИД. Опора на управление РИД как непрерывным потоком сможет стать основой качественных преобразований в производственной и социально-экономической системе, поскольку свяжет воедино этап создания и реализации инновационного проекта.

Исследование выполнено за счет гранта РНФ (проект № 23-78-01197).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дли, М. И. Особенности управления инновационной деятельностью в региональных научно-промышленных комплексах / М. И. Дли, А. Э. Заенчковский // Путеводитель предпринимателя. – 2015. – № 27. – С. 179–187.
2. Kalayda, S. A. Model of creating an economic ecosystem in the framework of economic convergence under the influence of digitalization / S. A. Kalayda // Прикладная информатика. – 2021. – Т. 16, № 6 (96). – С. 28–42.

ПРОЕКТ ПО ОПТИМИЗАЦИИ ТОВАРОПРОВОДЯЩЕЙ СЕТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

М. В. ДРАПУН

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

В исследовании рекомендована реструктуризация собственной товаропроводящей сети ОАО «Лента» состоящая из пяти складов (оптовая торговля – сегмент B2B), одиннадцати магазинов (розничная торговля – сегмент B2C). В 2022 г. товарооборот по фирменным магазинам составил 4221,9 тыс. р. (8 % общего объема продаж), рентабельность продаж – 5,4 %. Установлено, что эффективность их работы в разных городах значительно отличается: наиболее высокие параметры эффективности отмечены в наиболее крупных городах. Три магазина оказались стабильно убыточными (Орша, Слоним, Молодечно): в 2022 г. убыток от реализации фирменных магазинов составил 60,4 тыс. р. Факторами их убыточности стал низкий уровень товарооборота и валового дохода, не позволивший покрыть расходы на реализацию; в качестве основных причин выявлены: неудачное расположение магазинов; недостаточный потенциал рынков в самих городах. В целях оптимизации торговой сети рекомендована реструктуризация на базе ликвидации убыточных магазинов и открытия по выбору локации новых розничных подразделений в г. Гродно. Причины выбора данной локации: Гродно, как один из крупнейших городов Беларуси, имеет в запасе достаточный потенциал рынка; уже имеющийся в этом городе магазин позволяет при относительно невысоком уровне товарооборота обеспечить высокий показатель рентабельности продаж; предприятие заинтересовано в сотрудничестве с крупными торговыми центрами. Произведен выбор локации магазина в крупных торговых центрах по критериям географического расположения, конкурентной среды, наличия товаров-субститутов. Решение оптимизационной задачи локации для размещения нового магазина определило ТРЦ «Тринити» в юго-восточной части города с относительно высокой плотностью населения. Перспективный анализ проекта открытия розничной торговой точки показал: ко второму году магазин позволит выйти на уровень, близкий к уже работающему в этом городе магазину: товарооборот – 355,6 тыс. р., рентабельность продаж – 10,5 %. Прирост прибыли от реализации проекта составит 37,2 тыс. р. Чистая дисконтированная стоимость проекта через три года составит 33,83 тыс. р.; динамический срок окупаемости – 2 года; внутренняя норма доходности, рассчитанная с помощью функции «ВСД» в MS Excel, составляет 31 %, что выше ставки дисконтирования (15 %). Таким образом, данные показатели подтверждают целесообразность запуска проекта.

КИНЕМАТИКА РОБОТИЗИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ ШАТУННОЙ ШЕЙКИ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА

К. А. БЕРСЕНЕВ

Научный руководитель О. М. ОГОРОДНИКОВА, д-р техн. наук, проф.
Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина
Екатеринбург, Россия

Проблема износа коренных шеек коленчатых валов может иметь несколько решений, включая замену детали или продление её срока службы за счет восстановления рабочих функций. Ремонтные работы коленчатых валов выполняются шлифованием или восстановлением изношенной поверхности за счет наплавки нового слоя. В работе рассмотрен технологический процесс лазерной наплавки для восстановления геометрии шатунной шейки коленчатого вала, расположенного на сварочном горизонтальном вращателе. Предполагается использование манипуляционного робота для выполнения лазерной наплавки, что требует предварительного создания математической модели роботизированного технологического процесса.

Для решения поставленной задачи составлена кинематическая модель движения шарнирного манипулятора, обеспечивающего перемещение оптической головки относительно базовой системы координат. Первые три звена манипулятора отвечают за позиционирование инструмента лазерной наплавки, последующие звенья – за его ориентацию в пространстве. Для определения кинематических параметров манипулятора использован метод Денавита – Хартенберга, который позволяет учитывать вращательные взаимосвязи звеньев робота. Сформулирована математическая модель для решения прямой и обратной задач кинематики, что позволяет определить абсолютное положение звеньев и параметры обобщённых координат. Математическая модель включает кинематику скоростей через нахождение Якобиана манипулятора, который определяет взаимосвязь скоростей обобщённых координат, что также используется при определении сингулярных конфигураций робота. Математическая модель содержит систему уравнений, которая определяет траекторию перемещения оптической головки над поверхностью шатунной головки с учетом вращения коленчатого вала на сварочном горизонтальном вращателе.

Предполагается использование созданной математической модели для компьютерного моделирования движений робота и его программирования в среде ROS [1] для оптимизации параметров технологического процесса при различных условиях наплавки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Robot Operating System 2: Design, architecture, and uses in the wild / S. Macenski [et al.] // Science Robotics. – 2022. – Vol. 7.

УДК 621:787

ЗАВИСИМОСТЬ ШЕРОХОВАТОСТИ ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ ОТ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ ИНСТРУМЕНТА ПРИ УПРОЧНЕНИИ ВАЛОВ

А. С. ГОРТАЕВА, Н. Ю. МАЛИНОВСКИЙ, А. Д. ДОБРОВОЛЬСКИЙ

Научный руководитель Д. М. СВИРЕПА, канд. техн. наук, доц.

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Разработана конструкция инструмента и изготовлен опытный образец для магнитно-динамического упрочнения валов, позволяющий производить обработку шеек ступенчатого вала [1].

Для анализа шероховатости обрабатываемой поверхности были проведены исследования, цель которых в определении зависимости шероховатости от режимов обработки. Исходная шероховатость образцов перед началом исследований составляла $Ra = 2,95...3,48$ мкм, которая получена после чистового точения. Скорость вращения инструмента устанавливалась в диапазоне от 327 м/мин ($n = 2656$ мин⁻¹) до 980 м/мин ($n = 5897$ мин⁻¹).

В ходе исследований, которые проводились при постоянной подаче, равной 50 мм/мин, и анализа полученных данных, представлен график на рис. 1. Анализ исследуемой зависимости позволил получить линию тренда.

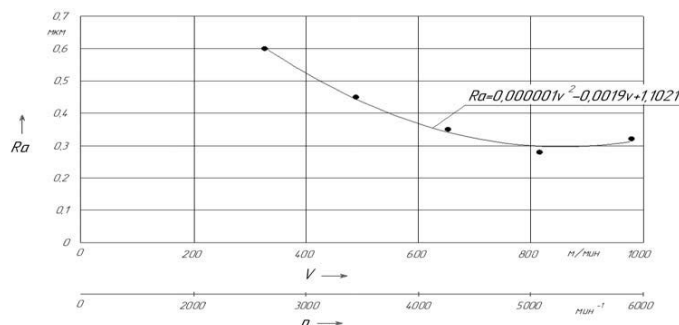


Рис. 1. Зависимость шероховатости обработанной поверхности от скорости (частоты вращения) инструмента

При анализе результатов эксперимента выявлено, что при увеличении скорости наблюдается снижение шероховатости до точки экстремума $Ra = 0,28$ мкм при скорости 816,4 м/мин (частота вращения 5102 мин⁻¹). После преодоления экстремума наблюдается постепенное ухудшение обрабатываемой поверхности, что связано с перенаклёпом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Малиновский, Н. Ю.** Конструкция инструмента для магнитно-динамического упрочнения валов / Н. Ю. Малиновский, А. Д. Добровольский // 59 студенч. науч.-техн. конф. Белорус.-Рос. ун-та. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2023. – С. 111.

УДК 338.24

ПЕРСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ОБОРОТНЫМИ СРЕДСТВАМИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

В. О. ДЕМИДЕНКО

Научный руководитель Л. В. НАРКЕВИЧ, канд. экон. наук, доц.

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

В исследовании разработан формат проектного управления объектами оборотных средств по методике перспективного анализа в системе устойчивого развития ОАО «Моготекс». Целевым вектором рассмотрено: максимально задействовать аналитический инструментарий в поиске и обосновании оптимальных проектных решений в управлении объектами оборотных средств по критерию сокращения операционного, производственного и финансового циклов. При решении поставленных задач в работе использованы сравнительный и аналитический методы исследования, статистические и экономико-математические методы анализа.

Разработан проект управления объектами оборотных средств по методике многоэтапного перспективного анализа, отличающейся объективностью, оперативностью, гибкостью, учетом отраслевых особенностей, возможностью применения распространенного программного обеспечения, что позволит размещать, сохранять и наращивать оборотные средства путем интегрированного управления его элементами, максимизировать доходы и обеспечить устойчивое развитие текстильного предприятия. Содержание проектного решения состоит в следующем: систематизированы методические разработки использования аналитического инструментария в проектных программах управления оборотными средствами по стадиям кругооборота; разработан многоэтапный формат перспективного анализа с использованием многокритериального ранжирования при решении оптимизационных задач проектного управления; обоснован проект управления запасами текстильного предприятия с выходом на многономенклатурную модель с единым циклом поставок контрагентом; разработан проект управления запасами готовой продукции на базе оптимизации взаимодействия с посредниками в товаропроводящей сети текстильного предприятия; разработан проект управления кредитной политикой предприятия на базе матричного моделирования расчетных операций по критерию соотношения дебиторской и кредиторской задолженности в финансовом цикле текстильного предприятия.

Новизной исследования выступает авторский подход к проектному управлению объектами оборотных средств по методике перспективного анализа в системе устойчивого развития промышленного предприятия, обеспечивающий целевой вектор сокращения операционного, производственного и финансового циклов.

ПОВЫШЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В СЛОЖНЫХ ИННОВАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

О. Е. ХАРЛАМОВА

Смоленский филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации
Смоленск, Россия

В настоящее время с развитием информационных технологий и методов несанкционированного похищения данных при их передаче проблема повышения информационной безопасности в организациях, в особенности в сложных экономических системах, включающих в себя взаимосвязанные организации, приобретает особую актуальность. Одной из сложных экономических систем является территориальный научно-промышленный кластер, представляющий собой совокупность взаимосвязанных организаций-партнеров, выполняющих свою функцию (кадровый партнер, инновационный партнер, производственная организация и другие организации). Наибольший риск несанкционированного похищения злоумышленниками в настоящее время имеют данные, попадающие под режим коммерческой тайны и обеспечивающие конкурентоспособность организации и ее продукции.

Одним из наиболее эффективных способов повышения информационной безопасности бизнес-процессов передачи данных в сложных экономических системах, включая территориальные научно-промышленные кластеры, является внедрение многофакторной аутентификации. Многофакторная аутентификация может быть реализована при использовании различных модулей, определяющих каналы аутентификации. Эффективным является имплементация в качестве одного из каналов нечеткого модуля принятия решения (рис. 1) о допуске сотрудника к данным, являющимся результирующим модулем, обрабатывающим данные о результатах верификации личности сотрудника от различных каналов, и сверяющего с шаблонными данными (образцом).



Рис. 1. Структура нечеткого модуля принятия решения о допуске сотрудника к данным организаций-участников территориального научно-промышленного кластера, содержащим коммерческую тайну

МЕТОД КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СБОРОЧНЫХ РОБОТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

И. Э. ИЛЮШИН

Научный руководитель М. М. КОЖЕВНИКОВ, канд. техн. наук, доц.
Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий
Могилев, Беларусь

Решение задач компьютерного моделирования роботизированных систем образует важное направление научных исследований в области автоматизированного проектирования. В настоящее время промышленные роботы и роботизированные системы широко внедряются на сборочных производствах с целью автоматизации производства. Это направление соответствует задачам цифровизации производства, указываемых парадигмой ИНДУСТРИЯ 4.0. Особую актуальность приобретают задачи создания систем компьютерного моделирования для автономного программирования компактных роботизированных систем, работающих в условиях единичного и мелкосерийного производства.

В работе предлагается метод компьютерного моделирования сборочной роботизированной системы, позволяющий интерактивно формировать ее трехмерную графическую модель и соответствующую компоновочную схему. Обозначим $\{W_i\}$ – множество моделей сборочных единиц; T_i – технология сборки i -й сборочной единицы; $\{Tool_i\}$ – множество технологических инструментов, используемых в роботизированной системе; R_i – сборочный робот-манипулятор. С учетом этих обозначений модель, описывающая компоновку сборочной системы, имеет вид

$$K_j = (W_i, Tool_i, R_i, D_i),$$

где D_i – некоторые пространственные связи между элементами роботизированной системы.

Критерий работоспособности каждой из возможных компоновок сборочной роботизированной системы определяется в виде

$$\prod_{i=1}^k \varphi_i(K_j) - 1 = 0,$$

где $\varphi_i(K_j)$ – функция, принимающая значение 1, если компоновка K_j позволяет реализовать технологии сборки T_i , и равная 0 – в противном случае.

Предложенный метод алгоритмизирован и включают следующие этапы: формирование информации о последовательности сборочных операций, формирование моделей столкновений в сборочной системе, формирование моделей технологических инструментов, формирование графической модели компоновки сборочной системы, поиск траекторий робота и формирование соответствующих программ управления в автономном режиме.

РАСЧЕТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЕТРОВЫХ НАГРУЗОК НА ОТТЯЖКИ ВЫШКИ БУРОВОЙ УСТАНОВКИ

М. Ю. КОДНЯНКО

Научный руководитель П. Н. БОГДАНОВИЧ, д-р техн. наук, проф.
ЗАО «Солигорский Институт проблем ресурсосбережения
с Опытным производством»
Солигорск, Беларусь

Одним из элементов буровой установки является буровая вышка. Одним из видов конструкции является мачтовая вышка. В процессе эксплуатации вышки на ее элемент (оттяжку) могут действовать различные виды нагрузок, особенно при сильных ветрах. Для обеспечения устойчивости вышки необходимо производить расчет нагрузок. Расчет можно производить для вышек как с одной оттяжкой, так и с двумя. Рассмотрим схему вышки с одной оттяжкой, представленную на рис. 1.

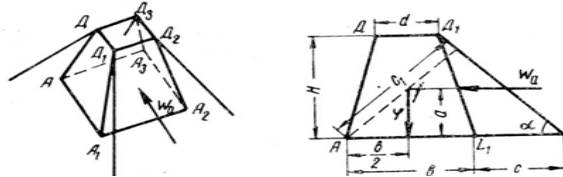


Рис. 1. Схема вышки с одной оттяжкой

Момент устойчивости M_y от веса вышки находится по формуле

$$M_y = P_g \cdot \frac{b}{2}, \quad (1)$$

где b — сторона нижнего основания вышки по осям ног; P_g — вес вышки.

Если значение M_0 получается больше M_y , то оттяжки необходимы, тогда усилие N в одной стяжке будет определяться по формуле

$$P_{вет} \frac{b}{2} + N_{c1} = W_0 a K_0, \quad (2)$$

где K_0 — коэффициент безопасности (при $K_0 = 2$ $c_1 = (b+c) \sin \alpha$); W_0 — горизонтальная сила; $P_{вет}$ — усилие от ветровой нагрузки.

Тогда усилие N находим по формуле

$$N = \frac{W_0 a K_0 - P_g \frac{b}{2}}{(b+c) \sin \alpha}. \quad (3)$$

Из всего этого можем сделать вывод, что для минимизации данных воздействий необходимо производить расчет нагрузок, действующих на элемент вышки, в частности оттяжки, которые непосредственно используют для устойчивости вышки.

НЕЙРО-НЕЧЕТКИЕ И ИМИТАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ПРИ РОЛЕВОМ ПОДХОДЕ В МЕНЕДЖМЕНТЕ ОРГАНИЗАЦИИ

П. С. ХАРЛАМОВ

Смоленский филиал Российской академии народного хозяйства
и государственной службы при Президенте Российской Федерации
Смоленск, Россия

Эффективность деятельности любой организации напрямую зависит от человеческого ресурса, работающего в организации. Для достижения наиболее высоких показателей при выполнении той или иной задачи команда, направленная на ее исполнение, должна быть корректно и сбалансировано подобрана исходя из ролевого подхода к менеджменту. Соответственно, перед кадровым отделом организации (HR-отделом) ставится вопрос о реализации указанного, однако современные методы как профориентации, так и существующие тесты не всегда оказываются эффективными, а на их обработку уходит большое количество времени, столь необходимого для принятия других кадровых и управленческих решений в организации. В связи с этим выявляется необходимость внедрения новых методов и инструментов в процесс подбора кадров. В частности, для реализации современной инновационной кадровой политики эффективным является внедрение подходов, опирающихся на нейро-нечеткие и имитационные модели.

Программным решением внедрения указанных подходов является разработка специализированного программного комплекса. На первом этапе работы которого человек, являющийся соискателем какой-либо должности, проходит один из тестов, направленных на выявление роли (особое предпочтение отдается тестам, составленным внутри организации, исходя из ее приоритетов, стратегических целей и тактических задач; однако по умолчанию используется тест на определение командных ролей Р. М. Белбина). Результаты тестирования с прикрепленными анкетами участников передаются в базу данных, в которой осуществляется их хранение. На втором этапе происходит обработка полученных данных на основе инновационного алгоритма интерполяции данных в криптографическом представлении на основе нейронных сетей глубокого обучения и нечетких продукционных правил. Криптографическое представление данных вызвано необходимостью обеспечения защищенности и конфиденциальности данных о сотрудниках или кандидатах. На третьем этапе происходит многократное имитационное формирование и моделирование команд сотрудников с целью выяснения их оптимального состава и достижения прогнозируемых наивысших результатов деятельности команды. Данные для запуска имитационного моделирования передаются из результатов анализа анкет участников отбора. Последним этапом работы программного комплекса является вывод наиболее вероятного оптимального состава команды, направленной на выполнение конкретной задачи. Обязательно выводятся: процентный состав ролей в команде, члены команды и значение критериев, полученных из имитационной модели.

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ХРАНЕНИЯ И ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ МЕДИЦИНСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

А. Д. УШАКОВ, М. В. АЛЕКСЕЙКОВ, Н. В. ВЫГОВСКАЯ

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

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Качество медицинских информационных систем (МИС) существенным образом определяется эффективностью хранилища медицинских данных. Основной особенностью медицинской информации является разнородность данных, полученных в ходе исследований пациентов. Задача хранения медицинских данных осложняется юридической значимостью, большим объемом, неоднородной и сложной структурой информации.

Предлагается информационная система для хранения и обработки результатов медицинских исследований с использованием информационных технологий MySQL, JavaScript, ReactJS, NodeJS (рис. 1).

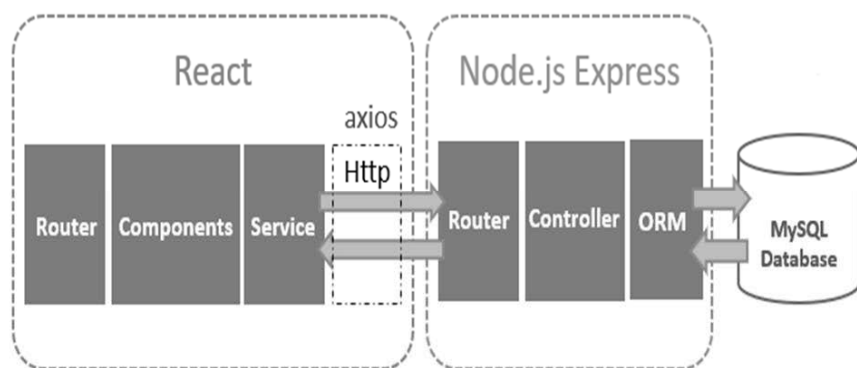


Рис. 1. Схема взаимодействия между модулями информационной системы

Разработан тестовый вариант автоматизированного рабочего места (АРМ) МИС для хранения и обработки результатов медицинских исследований. В процессе разработки новой МИС решены поставленные задачи: разработаны структура и организация хранилища медицинских данных; реализованы процедуры загрузки, хранения и просмотра результатов медицинских исследований в формате DICOM, идентификация каждого пациента для предоставления связанных с ним результатов исследований; разработаны и реализованы критерии разбиения изображений по категориям (РТГ, РКТ); обеспечивается поддержка различных видов поиска; обеспечен доступ к серверу с любого компьютера в корпоративной сети.

МОРФОЛОГИЯ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОВЕРХНОСТИ ТИТАНОВОГО СПЛАВА ПРИ ШЛИФОВАНИИ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ

Л. Л. КРЕМЕНЕЦКИЙ

Научный руководитель В. А. НОСЕНКО, д-р техн. наук, проф.

Волжский политехнический институт (филиал)

Волгоградский государственный технический университет

Волжский, Россия

Растровый электронный микроскоп является новейшим средством контроля состояния обработанных поверхностей, полученных при шлифовании. Глубинное шлифование (ГШ) титановых сплавов сопровождается активной адгезией в паре «абразив – металл» – обрабатываемый материал засаливает шлифовальный круг, вырванные из связки инструмента абразивные частицы насыщают поверхность заготовки. Внедренные в поверхность титанового сплава абразивные частицы сокращают срок эксплуатации будущих изделий – тем не менее, закономерности процессов формирования морфологии поверхности титанового сплава и ее шаржирования абразивным материалом при ГШ до сих пор недостаточно исследованы мировым научным сообществом.

С помощью растрового двухлучевого электронного микроскопа Versa 3D LoVac методом микрорентгеноспектрального анализа подтверждено влияние адгезии в паре «абразив – металл» на морфологию и химический состав обработанной поверхности сплава Ti6Al4V при ГШ. Установлено, что микрорельеф обработанной поверхности титанового сплава изменяется по длине шлифования. Установлены различия в состоянии обработанной поверхности на этапах ГШ. На обработанной поверхности титанового сплава установлено наличие наливов металла, перенесенных в ходе когезионного процесса с вершин зерен шлифовального круга на заготовку. Установлено, что образование данных наливов металла более интенсивно на этапе постоянной длины дуги контакта. Установлено, что налипсы имеют различную толщину и многослойную структуру. С увеличением скорости шлифования или скорости подачи стола станка плотность наливов возрастает. Изменение твердости абразивного инструмента из карбида кремния не оказывает влияния на общий характер формирования морфологии поверхности титанового сплава.

Доказан факт переноса абразивного материала на обрабатываемую поверхность при ГШ кругами из карбида кремния. Установлено, что с увеличением скорости шлифования интенсивность шаржирования обработанной поверхности частицами карбида кремния возрастает. С увеличением скорости шлифования в 1,5 раза (20...30 м/с) средняя концентрация кремния на поверхности титанового сплава возрастает в 1,6–1,8 раза. Увеличение твердости шлифовального круга из карбида кремния (Н-I) не оказывает значимого влияния на интенсивность шаржирования.

Исследование выполнено при финансовой поддержке ВолГТУ в рамках научного проекта № 13/45-22.

ПЕРСПЕКТИВЫ КАРТОФЕЛЕВОДСТВА В РФ

М. А. ЛИПАТОВА

Научный руководитель А. А. ГОЛИКОВ, д-р техн. наук
Рязанский государственный агротехнологический университет
имени П. А. Костычева
Рязань, Россия

Со времен Петра Великого и до наших дней картофель прошел путь от заморской диковины до неотъемлемого ингредиента в рационе питания практически каждого жителя страны (рис. 1, а).

Согласно статистическим данным, РФ занимает 3-е место по объемам валового сбора данной культуры в мире. При этом, если рассмотреть вопрос с точки зрения эффективности производства (рис. 1, б), то очевидно, что столь высокая позиция в рейтинге достигнута преимущественно за счет использования огромных сельскохозяйственных угодий.

На эффективность производства картофеля существенно оказывают влияние разнообразие почвенно-климатических условий, применение изношенной и технически устаревшей техники, качество семенного материала, неправильный выбор технологии возделывания и уборки картофеля в зависимости от внешних факторов и пр.

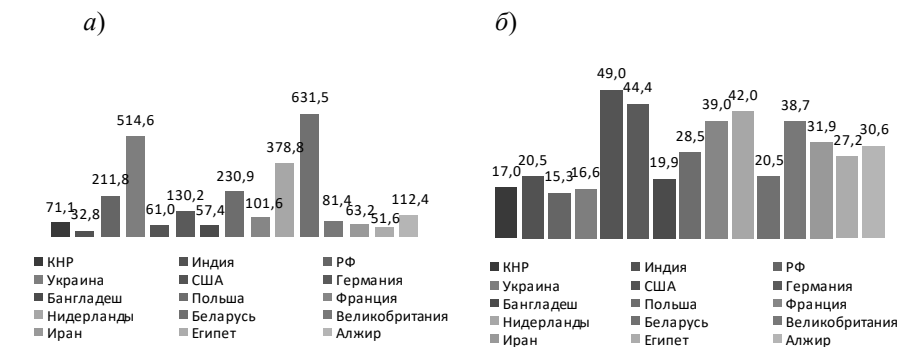


Рис. 1. Статистика по производству картофеля в мире: а – килограмм на душу населения; б – тонн с гектара

В картофелеводческих хозяйствах РФ применяется преимущественно зарубежная техника (GRIMME, AVR, WMKartoffeltechnik и т. д.), причем высокая доля морально устаревших образцов (например, КПК-2-01 или Grimme DR-1500). Вследствие чего качество выполнения уборочных работ не всегда соответствует агротехническим требованиям.

Как и прежде, сегодня существует потребность в научных изысканиях, направленных на повышение качества работы картофелеуборочных машин, особенно при неблагоприятных природно-климатических условиях.

ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В ОЗНАКОМИТЕЛЬНОЙ ПРАКТИКЕ

М. С. ТЕРЕХОВА, А. П. КОСОНОВ, Л. А. ТИМАШКОВА

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

Внедрение информационно-коммуникационных технологий в образование позволяет студентам приобретать навыки и развивать способности как во внеучебное время, так и параллельно с академическими занятиями. Подключение к учебному процессу таких технологий, как виртуальная реальность, машинное обучение, интеллектуальные агенты, учебные игры и искусственный интеллект, позволяет наиболее подробно изучить материал и закрепить полученные знания на практике.

Способ смешанного обучения (англ. blended learning) с применением информационно-коммуникационных технологий был использован при прохождении ознакомительной практики, чтобы получить навыки программирования на языке Python, научиться решать базовые задачи, выполнять мини-проект. В соответствии с разработанной методикой смешанного обучения студенты прошли курс «Поколение Python: курс для начинающих». Обучающий курс, разработанный основателем онлайн-школы «BEEGEEK», представлен в свободном доступе на образовательном портале Stepik.org.

Обучающий курс портала Stepik.org изучался в период ознакомительной практики. Для исследования активности студентов при изучении курса использованы данные портала Stepik.org (рис. 1).

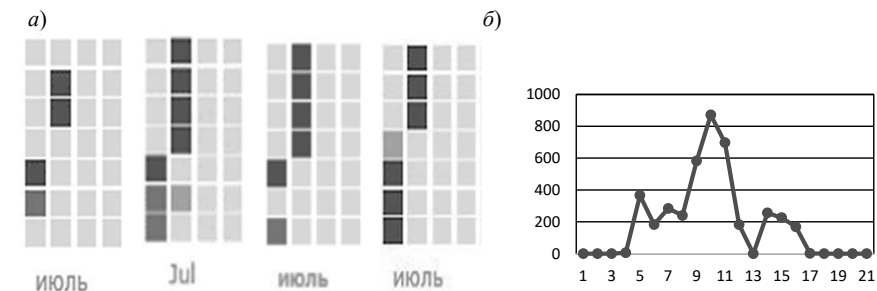


Рис. 1. Данные о первых студентах, получивших сертификат (а), и диаграмма (б) активности студентов в каждый день практики

Применение смешанного обучения позволяет студентам развивать навыки самостоятельной работы, практику работы с языками программирования и информационно-коммуникационными технологиями.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ МЕДИЦИНСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Н. А. СЫСОЕВ, Н. В. ВЫГОВСКАЯ

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

В медицинской практике диагностика путем рентгенографии играет ключевую роль в обнаружении и лечении множества заболеваний. Однако объем получаемых медицинских исследований достаточно велик, что создает значительные трудности для обработки и анализа таких данных.

Предложена архитектура информационной системы (ИС) на основе искусственных нейронных сетей. ИС позволят значительно повысить эффективность и точность диагностики, а также сократить время обработки медицинских изображений. Это приведет к улучшению качества медицинской помощи и снижению риска ошибок, а также способствует более широкому использованию современных технологий в медицинской практике.

Разрабатываемая информационная система состоит из четырех модулей: ядро, база данных, экспертная система, пользовательский интерфейс (рис. 1).

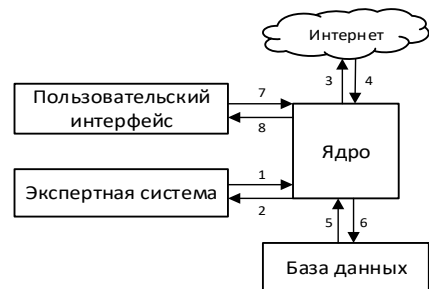


Рис. 1. Функциональная схема взаимодействия между модулями: 1 – получение результата анализа исследования экспертной системой; 2 – отправка запроса на анализ исследования в экспертную систему; 3 – отправка ответа клиентскому приложению; 4 – получение запроса от клиентского приложения; 5 – получение данных из базы данных; 6 – запись данных в базу данных; 7 – запрос на получение данных из базы данных; 8 – запрос на изменение данных базы данных

Предлагаемая информационная система разработана на основе следующих технологий: ядро с помощью языка программирования C# и его платформы .Net 7, база данных на основе СУБД MS SQL Server и его диалекта Transact-SQL, экспертная система на основе языка Python 3.11.3 и его открытой библиотеки Keras, пользовательский интерфейс выполнен на основе языков HTML, CSS, JavaScript и технологии React.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ КАЛЬЦИЙСОДЕРЖАЩИХ ДОБАВОК НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ГИДРОКСИАПАТИТА

А. Д. ПОДСОСОННАЯ

Научный руководитель А. Н. ШИМАНСКАЯ, канд. техн. наук
Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

Керамика на основе гидроксиапатита обладает низкими прочностными характеристиками, поэтому большинство исследований направлено на изучение возможных способов улучшения физико-химических свойств кальцийфосфатной керамики, в том числе за счет использования различного рода добавок.

Керамические массы влажностью 45,0 масс. % готовились путем интенсивного перемешивания гидроксиапатита, полученного методом осаждения из водных растворов, и кальцийсодержащих добавок (оксид кальция CaO (ГОСТ 8677), карбонат кальция CaCO₃ (ГОСТ 4530), ортофосфат кальция Ca₃(PO₄)₂ (ТУ 6–09–3538) и дигидроортофосфат кальция Ca(H₂PO₄)₂ (ГОСТ 10091)) с помощью лабораторной лопастной мешалки в течение 15 мин. Каждая добавка вводилась в количестве 10,0 масс. % сверх 100 %. Опытные образцы формовались методом экструзии. Полученные изделия подвергались сушке в сушильном шкафу SNOL 58/350 (Литва) и обжигу в электрической лабораторной печи SNOL 1,6,2,5.1/13,5-Y1 (Литва) при температурах 900 °C. Скорость обжига составляла 180 °C/ч. Выдержка при максимальной температуре – 60 мин.

Физико-химические свойства полученных материалов определялись в соответствии с ГОСТ 2409, ГОСТ 40711, ГОСТ Р 57606 (табл. 1).

Табл. 1. Физико-химические свойства кальцийфосфатной керамики

Применяемая добавка	Физико-химические свойства синтезированной керамики			
	Водопоглощение, %	Открытая пористость, %	Кажущаяся плотность, кг/м ³	Механическая прочность при сжатии, МПа
Без добавок	25,2	43,7	3013	5,2
CaO	25,8	44,0	1699	26,3
CaCO ₃	24,9	42,4	1704	43,2
Ca ₃ (PO ₄) ₂	38,2	54,5	1427	5,0
Ca(H ₂ PO ₄) ₂	49,5	60,2	1212	1,3

Исходя из полученных данных, оптимальной добавкой является карбонат кальция, поскольку указанный компонент позволяет обеспечить открытую пористость материала – 42,4 %, одновременно со сравнительно высокими значениями прочностных характеристик. Из таблицы видно, что механическая прочность при сжатии керамики с добавкой CaCO₃ в 8 раз превышает соответствующий показатель материала, полученного без применения добавок.

Следовательно, синтезированный керамический материал может представлять интерес для получения имплантатов.

ПРОБЛЕМЫ МЕТОДА СЕГМЕНТИРОВАНИЯ ПРИ 3D-СКАНИРОВАНИИ ТОНКОСТЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ

К. В. САСКОВЕЦ, В. А. РЫЖАНКОВ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Сегментация – это процесс разделения отсканированного объекта или сцены на составные части или регионы. Они полезны для дальнейшего анализа, измерения или модификации. Однако есть некоторые потенциальные проблемы, которые могут возникать при сегментации в 3D-сканировании.

Для решения большинства проблем были разработаны продвинутые алгоритмы и методы сегментации. Эти алгоритмы направлены на повышение точности и надежности сегментации отсканированных объектов, даже в сложных ситуациях. Исследователи и компании постоянно работают над усовершенствованием методов сегментации, чтобы преодолеть эти проблемы и улучшить общее качество результатов 3D-сканирования.

При сегментации тонкостенных деталей при помощи 3D-сканирования могут возникать проблемы, связанные с особенностями объектов и методов обработки данных. Вот некоторые из проблем, которые могут возникнуть.

1. Тонкие стены. Тонкостенные детали обладают очень малой толщиной, что может затруднить точную сегментацию. Из-за этого могут возникать трудности в определении границ объекта и его различении от фона.

2. Отражения и блики. Отражения и блики, возникающие при сканировании, могут искажать изображение и приводить к неточной сегментации. Они могут быть особо проблематичны при работе с металлическими или блестящими поверхностями тонкостенных деталей.

3. Комплексные формы. Тонкостенные детали могут иметь сложные и неоднородные формы, которые могут затруднить сегментацию. Особенно это становится проблематичным, если границы объекта нечеткие или неразличимые.

4. Шум и артефакты. Возможны шумы и артефакты на сканированной поверхности, которые могут влиять на точность сегментации. Это может быть вызвано разными факторами, например, шумом от сенсоров сканирования или неправильными настройками сканера.

5. Некорректная калибровка. Некорректная калибровка сканера или неправильное позиционирование объекта может привести к искажениям и ошибкам в сегментации.

Для решения этих проблем можно применять различные техники и методы, такие как улучшение освещения и снижение отражений, фильтрация шума, применение алгоритмов реконструкции поверхности и использование точных методов определения границ объекта. Также важно правильно выбрать метод сегментации, учитывая особенности объекта и доступные ресурсы.

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БАЗАМИ ДАННЫХ КАК СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

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

В некоторых прикладных задачах для построения математической модели есть смысл структурированный набор данных и операции с ним рассмотреть с точки зрения теории систем массового обслуживания.

Таким образом, можно провести соответствие между системами управления базами данных и системами массового обслуживания. Система управления базами данных (СУБД) – это частный случай системы массового обслуживания с некоторыми особенностями. СУБД как систему массового обслуживания можно охарактеризовать следующим образом:

– СУБД является системой с отказом. Если к СУБД будет совершён запрос, пока система ещё не обработала предыдущий запрос, новый запрос будет проигнорирован;

– СУБД является системой без очереди. Очередь, при необходимости, можно организовать средствами системы, но это использование системы для решения проблемы, созданной существованием системы, и у самой системы, создающей очередь для обслуживания, нет собственной очереди;

– СУБД является системой с бесконечным числом заявок. Мы не знаем, сколько пользователей одновременно может обратиться к базе данных;

– СУБД является одноканальной системой. Ядро СУБД, обрабатывающее запросы к базам данных, в СУБД одно.

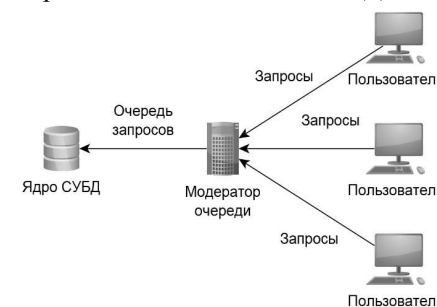


Рис. 1. Структурная схема системы управления базами данных с модератором очереди

Одноканальные системы массового обслуживания, как правило, снабжаются очередью для уменьшения количества отказов. Поскольку в СУБД отсутствуют собственные очереди и присутствуют отказы, СУБД как система массового обслуживания является очень ненадежной, не обладающей типичной для системы массового обслуживания отказоустойчивостью. Решить эту проблему за счёт увеличения количества каналов невозможно, т. к. во всех СУБД ядро для

обработки запросов всегда одно. Одним из возможных решений является применение модератора очереди (рис. 1), позволяющего создать очередь в системе.

С. А. ПРОКОПЕНКО^{1, 2}Научный руководитель А. В. БОБРЯКОВ², д-р техн. наук, доц.¹Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

²Национальный исследовательский университет МЭИ

Москва, Россия

Небольшие производственно-сборочные предприятия выпускают широкий ассортимент продукции, не обладая большим запасом производственных и складских ресурсов.

Среди проблем таких предприятий можно выделить:

- определение очередности выпуска продукции для выполнения заказов в срок;
- выбор траектории выпуска продукции из множества возможных траекторий, обусловленных вариантами техпроцессов, используемого сырья, оборудования и т. д.;
- уменьшение вероятности выпуска некондиционной продукции.

Для решения перечисленных проблем, фактически, необходимо решить NP-полную задачу перебора всех возможных комбинаций очередностей и траекторий выпуска продукции, что неосуществимо в условиях реального управления производством.

Одним из подходов для снижения размерности такой задачи является применение механизма планирования с использованием темпоральной нейронечеткой сети Петри. В общем виде она может быть представлена следующим образом:

$$TNPN = (P, T, I, O, C, \alpha, f, B, R, Pl, m_0),$$

где P, T, I, O, C, m_0 – классические элементы сети Петри; α – вектор значений порогов нечеткого срабатывания переходов, $\alpha = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_{nc}\}$; f – вектор значений функции принадлежности нечеткого срабатывания переходов, $f = \{f_1, f_2, \dots, f_{nc}\}$; B – множество базисных интервальных отношений логики Аллена, $B = \{B_1, B_2, \dots, B_{nb}\}$; R – конечное непустое множество ресурсов (комплектующие, вспомогательное оборудование и т. д.), необходимых для функционирования. $R = \{R_1, R_2, \dots, R_{nr}\}$; Pl – производственный план, состоящий из множества сложных технических объектов, которые необходимо произвести, временного интервала действия плана.

Применение темпоральной логики Аллена позволяет отбросить нестыкующиеся по времени траектории, а нейронечеткие элементы позволяют выбрать оптимальные траектории из оставшихся вариантов.

А. А. СИНЮКОВИЧ

Научный руководитель Г. С. ЛЕНЕВСКИЙ, канд. техн. наук, доц.

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Промышленное производство в современных условиях а priori определяет высокое качество продукции, а также создание специализированного оборудования для контроля качества продукции и использование автоматизации технологических процессов контроля качества продукции.

При этом продукция должна соответствовать заявленным потребительским характеристикам в течение всего срока ее использования. Современное промышленное производство повсеместно и широко использует такие процессы, как унификацию и кооперацию. В последнее время события в мире оказали сильное влияние на сложившиеся производственные отношения, в том числе данные явления имеют место и на производственных предприятиях резидентов Республики Беларусь и, в частности, промышленных предприятиях г. Могилева – LLC «NOVUS INDUSTRY», резидент СЭЗ «Могилев».

Основной вид продукции LLC «NOVUS INDUSTRY» – мебель различного функционального назначения [1], в производственной программе более 100 разных моделей, в большинстве конструкций которых используются механизмы для перемещения выдвижных элементов конструкции мебели (МПВЭКМ).

LLC «NOVUS INDUSTRY» в производстве мебели использует МПВЭКМ различных производителей, при этом основным показателем является качество и в качестве определяющего показателя – ресурс данных МПВЭКМ.

Для экспериментального подтверждения заявленных предприятиями-поставщиками характеристик МПВЭКМ на LLC «NOVUS INDUSTRY» было разработано и изготовлено автоматизированное специализированное испытательное оборудование.

В докладе представлены новые различные аспекты автоматизации технологических процессов контроля качества продукции LLC «NOVUS INDUSTRY»:

- проектирования, изготовления и эксплуатации оборудования;
- результаты экспериментального определения степени износа и ресурса МПВЭКМ;
- новые математические модели для прогнозирования износа и ресурса МПВЭКМ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Общество с ограниченной ответственностью «Новус Индустри» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://novusbel.by/wp-content/uploads/2023B2%D1%83%D1%81.pdf>. – Дата доступа: 13.08.2023.

УДК 621.787

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ МАГНИТНЫХ СИСТЕМ
ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ ИМПУЛЬСНО-УДАРНОГО НАКАТЫВАНИЯ

М. В. ТАРАДЕЙКО

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

Обработка наружных поверхностей деталей методом импульсно-ударного накачивания осуществляется специальным инструментом, включающим магнитную систему, предназначенную для привода деформирующих шаров и одновременного магнитного воздействия на упрочняемую поверхность. Таким образом, разработка рекомендаций по проектированию эффективных магнитных систем инструментов для совмещенного импульсно-ударного накачивания является весьма актуальной задачей.

Основываясь на анализе литературных данных [1], автором предложены следующие рекомендации по проектированию магнитных систем инструментов для импульсно-ударного накачивания:

- в основе магнитных систем должны лежать магниты из редкоземельных материалов с высокими магнитными параметрами, обладающие высокой стойкостью к механическим воздействиям и к размагничиванию (стабильностью магнитных свойств). Данным требованиям в большей мере отвечают магниты на основе неодима, такие как Nd Fe B, Nd Y Co;

- для намагничивания поверхностей деталей целесообразно использовать радиальную осевую ориентацию магнитов, а для привода деформирующих шаров – аксиальную. Для уменьшения габаритов магнитной системы и повышения эффективности одновременного воздействия одним магнитом на деталь и деформирующие шары применяются магнитопроводы, позволяющие передавать магнитную энергию в требуемую область;

- обоймы магнитных систем, предназначенные для установки в них магнитов, составляют значительную часть от объема инструмента, и к тому же являются относительно сложными в технологии их обработки, поэтому целесообразно выполнять их из легких материалов, в том числе пластмасс (АБС-пластик), снижая тем самым массу инструмента, а также с применением аддитивных технологий, что значительно снижает трудоемкость их изготовления. При этом, в случае использования материалов невысокой прочности, необходимо предусмотреть защитные вставки в местах механического контакта обоймы с другими трущимися или динамически воздействующими на нее деталями инструмента.

Основываясь на рекомендациях, предложен ряд конструкций магнитных систем инструментов, предназначенных для импульсно-ударного упрочнения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Довгалец, А. М. Магнитно-динамическое и совмещенное накачивание поверхностей нежестких деталей / А. М. Довгалец. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2017. – 266 с.

УДК 004.4

РАЗВИТИЕ АЛГОРИТМОВ ПОИСКА ДЕФЕКТОВ
НА РЕНТГЕНОВСКИХ СНИМКАХ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

И. И. МИЩЕНКО, В. Ю. КРОТОВ

Научный руководитель А. Е. МИСНИК, канд. техн. наук
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Рентгеновские снимки являются одним из основных инструментов в медицинской диагностике. Однако интерпретация рентгеновских снимков может быть сложной задачей, особенно при поиске дефектов или аномалий. Традиционные методы визуального анализа требуют большого объема времени и человеческого вмешательства, что может приводить к ошибкам и пропускам.

Разработанный способ анализа рентгеновских снимков на основе компьютерного зрения и машинного обучения включает следующие этапы.

Предварительная обработка. Изображение подвергалось различным операциям, таким как фильтрация шума, улучшение контраста и нормализация яркости, что помогло устранить нежелательные эффекты, улучшить качество изображения и обеспечить более точные результаты анализа.

Сегментация. Данный этап позволил выделить интересные области и объекты на снимке. Это было достигнуто путем использования различных методов, таких как пороговая сегментация, региональная сегментация и сегментация на основе графов. Сегментация помогает сосредоточиться на областях, где могут находиться дефекты.

Извлечение признаков. Изображение анализировалось с целью извлечения характеристик, которые могут быть полезны для обнаружения дефектов. Это включает выделение текстурных особенностей, границ объектов, формы и размеров структур и других характеристик изображения. Извлеченные признаки использованы в последующих этапах анализа.

Обучение классификатора. Система обучалась на размеченных данных по алгоритму обучения с учителем, где каждый дефект помечен как соответствующий класс. Обученный классификатор затем использовался для обнаружения дефектов на новых снимках.

Тестирование и оценка. Включала тестирование на отдельном наборе данных, вычисление метрик точности, полноты, F-меры и других показателей качества. После проведен анализа ложноположительных и ложноотрицательных результатов для улучшения и настройки алгоритма. После проведения всех анализов и тестирований результаты поиска дефектов для разработанной нейронной сети улучшились с 42 % до 86 %, что доказывает высокую эффективность и значительное улучшение работы разработанной нейронной сети.

Применение разработанного способа значительно улучшает точность процесса обнаружения дефектов, что имеет важное значение для медицинской диагностики.

ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ МЕТОДОВ В ВОССТАНОВЛЕНИИ 3D-ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРИ ПОМОЩИ РЕНТГЕНОВСКИХ СНИМКОВ

И. И. МИЩЕНКО, В. Ю. КРОТОВ

Научный руководитель А. Е. МИСНИК, канд. техн. наук
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Современная медицина сталкивается с постоянно возрастающей потребностью в трехмерной визуализации для более точной диагностики и планирования лечения. Рентгеновские снимки являются одним из наиболее распространенных и доступных методов исследования и предоставляют ценную информацию, но ограничены своей двумерной природой. Однако с применением новаторских методов восстановления трехмерного изображения можно преодолеть эту ограниченность и получить более полное представление о структуре и состоянии костно-мышечной системы опорно-двигательного аппарата.

В настоящее время существует несколько методов восстановления трехмерного изображения. Для нашей системы разработан алгоритм стереорекострукции. Этот алгоритм использует информацию о паре или более снимков, полученных с разных ракурсов, и основан на принципе триангуляции. Он представляет собой сопоставление соответствующих точек на двух или более снимках для вычисления их трехмерных координат.

Также помимо алгоритма стереорекострукции, распространённым методом является компьютерное зрение и глубокое обучение, которые представляют собой мощные инструменты для восстановления трехмерных моделей на основе рентгеновских снимков. Для восстановления 3D-моделей при помощи рентгеновских снимков разработан метод 3D-визуализации на основе компьютерного зрения и машинного обучения, который позволяет восстанавливать модель кости из двух двумерных проекций рентгеновского снимка. Также обучена глубокая нейронная сеть на больших наборах данных рентгеновских снимков, чтобы автоматически извлекать признаки и восстанавливать трехмерную информацию. Полученная восстановленная 3D-модель позволила обеспечить более точную диагностику пациента, а также предоставить более точную информацию для медицинского анализа и планирования лечения.

Однако необходимо отметить, что хотя методы восстановления трехмерного изображения на основе рентгеновских снимков уже достигли значительных успехов, все еще существуют проблемы, которые нужно преодолеть. Одной из таких проблем является объем и сложность обработки больших объемов данных, получаемых при восстановлении трехмерных моделей. Также важно продолжать исследования и улучшения технологий для повышения скорости обработки и диагностики качества изображений и снижения лучевой нагрузки на пациента.

ФОРМИРОВАНИЕ ДИФфуЗИОННЫХ СЛОЕВ НА ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛОВ С ПОМОЩЬЮ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО РАЗРЯДА

А. А. ХУБАТХУЗИН

Научный руководитель Ф. С. ШАРИФУЛЛИН, д-р техн. наук, проф.
Казанский национальный исследовательский технологический университет
Казань, Россия

Физические и механические свойства металлов, из которых изготавливаются, в частности, режущие инструменты, не удовлетворяют современным требованиям, в связи с чем возникает необходимость их модификации. Это возможно в том числе с использованием низкотемпературной плазмы, генерируемой высокочастотным (ВЧ) разрядом. Воздействие ВЧ-разряда позволяет варьировать как температуру обработки, так и характеристики ионного потока, поступающего из плазмы на поверхность обрабатываемого изделия.

Использование данной технологии позволит существенно снизить время обработки изделий по сравнению с традиционными химико-термическими способами обработки.

Новизна заключается в том, что одновременно происходит несколько процессов на поверхности изделий (ионная очистка, газонасыщение, перераспределение остаточных напряжений и т. д.). Использование в качестве рабочего тела газа позволяет обрабатывать не только наружную поверхность, но и внутренние полости. Регулируя параметры плазменного потока, можно получить поверхность с заранее заданными свойствами.

В результате воздействия ВЧ-разряда образуются диффузионные слои (рис. 1) глубиной до 10 мкм внутрь образца. Вследствие того, что здесь отсутствует граница раздела фаз между подложкой и сформированными слоями, они имеют намного более прочные связи между собой, чем, например, при напылении твердого сплава на поверхность металла. Изменяя энергетические параметры газового разряда, можно получать различные толщины слоев.



Рис. 1. Диффузионные слои на поверхности металла

Полученные диффузионные слои имеют повышенные, по сравнению с необработанным металлом, на 30 %...40 % значения микротвердости и модуля упругости. Это в совокупности приводит к увеличению срока работы инструмента в 1,5–2 раза.

В. В. ЦАРАНОВ

Научный руководитель М. Н. МИРОНОВА, канд. техн. наук, доц.
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Основной задачей управления мобильными роботами является решение навигационных задач, для этого существует два основных подхода: локальный и глобальный.

Траектория перемещения робота при использовании глобального подхода выбирается перед началом движения на основе исходной информации. Если предстоит пройти длинный путь, то определяются абсолютные координаты устройства.

Локальный подход основан на определении координат робота относительно начальной точки. При планировании задается только ограниченный участок траектории, а дальнейшее направление движения выбирается в его конечной точке.

Существует большое количество различных методов локальной навигации, включая тангенциальное избегание, потенциальное поле, гистограмму векторного поля, диаграмму близких расстояний и др.

Общим подходом к навигации роботов является составление карты рабочего пространства. Для представления расположения роботов на карте, их местоположения и путей между ними можно использовать графы. Локализация и картирование могут выполняться одновременно с использованием различных методов навигации SLAM.

Сетки и дорожные карты также широко используются в робототехнике. В этом случае задача навигации робота превращается в задачу построения сети свободных от препятствий путей через окружающую среду. Методы дорожных карт требуют больших вычислительных затрат и не могут быть применены к большим картам, что привело к разработке вероятностных методов. Наиболее известным из них является метод PRM.

Каждый метод управления имеет свои преимущества и недостатки. Некоторые методы не подходят для систем реального времени из-за их низкого быстродействия. Другие имеют невысокую точность управления или сложны в реализации. Некоторые из них также сложны для понимания человеком.

Однако следует иметь в виду, что успешность одного метода не гарантирует его эффективность в других условиях, т. е. нельзя дать исчерпывающие рекомендации по применению того или иного алгоритма. Это означает, что необходимо провести дополнительные исследования для поиска метода, обеспечивающего наилучшие результаты.

А. И. ЛАЗАРЕВ

Научный руководитель А. Э. ЗАЕЧКОВСКИЙ, д-р экон. наук, доц.
 Филиал «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Смоленске
 Смоленск, Россия

Развитие цифровых платформ, систем управления доступом, IoT-сегментов в промышленности и социально-экономической сфере определяет актуальность формирования систем обеспечения безопасности их функционирования [1]. Среди наиболее опасных и распространенных в информационных сетях, обеспечивающих работу сложных социально-экономических систем, можно выделить мультиплатформенные CVE и 0-day уязвимости. При этом затруднения, с которыми столкнулись многие участники таких систем, при обновлении существующего аппаратного и программного обеспечения, срочная и массовая потребность в разработке нового для поддержки работы корпоративных сетей в связи с макроэкономическими изменениями, обостряют проблему необходимости разработки инструментов тестирования безопасности информационной инфраструктуры, обеспечивающей возможности реализации кластером своих целей [2]. В связи с этим предлагается интеллектуальная система тестирования безопасности веб-приложений, которая задействует многонаправленное сканирование хвостов как в локальной сети, так и сети общего доступа через виртуальный адаптер. В основе используется модуль первоначального поиска сетевых элементов, который позволяет осуществлять комбинированное сканирование и представление результатов для обработки последующим модулем. Вначале осуществляется поиск доступных *tcp/ip*-портов с определением номера версий для каждого приложения (*Intense all scan*), затем осуществляется всестороннее сканирование полученных ранее хвостов. Схема реализации ключевого элемента предлагаемой системы представлена на рис. 1.

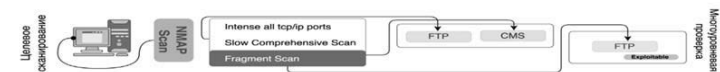


Рис. 1. Реализация модуля первичного сканирования хостов в сети

Исследование выполнено за счет гранта РФФИ (проект № 22-21-00487).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алгоритм выявления угроз информационной безопасности в распределенных мультисервисных сетях органов государственного управления / А. Ю. Пучков [и др.] // Прикладная информатика. – 2023. – Т. 18, № 2 (104). – С. 85–102.
2. Кириллова, Е. А. Анализ концептуальных подходов к управлению сетевыми формами взаимодействий социально-экономических субъектов при реализации инновационных процессов / Е. А. Кириллова // Экономика и предпринимательство. – 2021. – № 10 (135). – С. 1128–1135.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПОВЕРХНОСТИ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ОБЪЕКТОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

В. С. КУВШИННИКОВ

Научный руководитель Е. Е. КОВШОВ, д-р техн. наук, проф.

АО «НИКИМТ-Атомстрой»

Москва, Россия

Современное развитие технологий моделирования трехмерной графики привело к необходимости создания вспомогательного программного обеспечения для самых разных функциональных целей. Основное назначение такого программного обеспечения (ПО) – упрощение рутинных операций для пользователей инструментов 3D-моделирования и анимации. Несмотря на весь прогресс современного ПО для 3D-моделирования, бывают случаи, когда его функционала недостаточно или же создание модели неэффективно, а подчас весьма трудоёмко.

Для решения подобных задач часто применяется программное обеспечение с открытым исходным кодом для 3D-моделирования – Blender, используемое в том числе при разработке различных VR-приложений.

Система «плагинов» (plug-in) в Blender предоставляет широкий спектр возможностей для упрощения и ускорения рабочего процесса, позволяет делегировать рутинные или трудоёмкие операции системе CAD, а также расширяет возможности работы в системе за счет доступа к языку сценариев Python. Сценарии обеспечивают интерактивный ввод данных пользователем в виде окон и полей с редактируемыми параметрами. Преобразовав скрипты в полнофункциональный «плагин», можно придать им расширенную функциональность и подключить их к системе дополнений Blender с соблюдением программных требований API.

Например, сварные швы различных типов и конфигураций генерируются с помощью заранее разработанных параметризованных элементов поверхности, которые при мультиплицировании дают целостную картину трехмерного изображения сварного шва. В процессе его генерации в сварное соединение внедряются характерные для данного технологического процесса дефекты и артефакты, что в итоге придает готовому и отредактированному сварному соединению вид цифрового двойника. Количественные и качественные значения элементов поверхности, дефектов и артефактов задаются пользователем при активации плагина.

Предложенный подход значительно снижает трудоёмкость создания 3D-моделей как самих сварных соединений, так и их поверхностей. При этом улучшаются качественные параметры цифрового двойника, что влияет на поведение объекта контроля при формировании радиографического изображения в симуляторе промышленной радиографии на основе VR.

СПОСОБЫ УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНЫМ РОБОТОМ

В. В. ЦАРАНОК

Научный руководитель М. Н. МИРОНОВА, канд. техн. наук, доц.

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Существует много перспективных направлений для проектирования мобильных роботов. Но одним из наиболее важных является обеспечение автономности его передвижения.

На сегодняшний день существует несколько подходов управления движением робота на основе использования:

- традиционных П-, ПД-, И-, ПИД-регуляторов;
- регулятора с использованием искусственных нейронных сетей;
- регулятора на основе генетических алгоритмов;
- контроллеров нечеткой логики.

П-регулятор очень простой в реализации, основан на пропорциональном законе управления. Но отличается ограниченной точностью и перерегулированием. Тем не менее, этот регулятор имеет некоторые недостатки, например, его точность ограничена, и он может вызывать перерегулирование.

ПД-регулятор обладает быстродействием и реагирует как на величину отклонения, так и на скорость его изменения, но он чувствителен к частоте сбора информации и шумам.

И-регулятор реагирует на большие отклонения управляемой величины, но игнорирует маленькие отклонения. Такое сглаживание кратковременных отклонений за счет интеграции ошибок может снизить стабильность системы.

ПИД-регулятор сочетает все три компонента, что позволяет получить гибкий закон управления, учитывающий текущую ошибку, её изменения и предыдущие ошибки. Однако такие регуляторы имеют недостаточную эффективность при управлении нелинейными системами и при недостаточной информации об объекте управления, а также сложны в настройке.

Использование нейронных сетей в ПИД-регуляторах позволяет эффективно решать данную проблему, т. к. они способны адаптироваться к изменяющимся внешним условиям и изменять свое поведение соответственно.

Генетический алгоритм является мощным инструментом управления объектами, но требует времени на поиск оптимального решения, что не применимо в быстродействующих системах реального времени.

Метод, основанный на нечеткой логике, является наиболее перспективным способом управления мобильным роботом, т. к. позволяет моделировать и управлять нечеткими и неопределенными системами. Данный метод характеризуется возможностью адаптации к изменяющимся условиям и требованиям, гибкостью в представлении знаний и вариативностью их использования. Он прост в реализации и не требует сложных вычислений.

УДК 621.7

ОСОБЕННОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ
ЧАСТОТЫ ГОРЕНИЯ ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА
НА ГЛУБИНУ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ СТАЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ
С ПРИМЕНЕНИЕМ СПЕЦИАЛЬНОГО ПАКЕТА ПРОГРАММ

А. Н. ЮМАНОВА

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

Моделирование обработки металлических изделий тлеющим разрядом представляет интерес с точки зрения получения полной информации о кинетике протекания процесса, а также определения влияния основных параметров режима обработки на формирование свойств поверхностного слоя и его величину.

С позиции имитационного моделирования процесс обработки тлеющим разрядом является сложной задачей по причине того, что в области между обрабатываемым изделием и анодом отсутствует непосредственный контакт, что является важным условием традиционной постановки термоэлектрической задачи. Кроме этого, процесс обработки в тлеющем разряде характеризуется тем, что анод и стол-катод находятся в вакуумной камере, что затрудняет процесс теплопереноса. Проходящие процессы при упрочнении поверхностного слоя изделия требуют анализа микроструктуры и фазовых переходов, что является проблематичным при численном моделировании. Поэтому важным условием построения адекватной имитационной модели процесса обработки тлеющим разрядом является сопоставление результатов с экспериментальными исследованиями. Моделирование способа обработки тлеющим разрядом является актуальной задачей современного машиностроения.

Для решения поставленных задач имитационного моделирования использовался программный продукт ANSYS. На сегодняшний день данный программный продукт обладает широким разнообразием модульных решателей, которые возможно использовать при решении задач процессов с разной физикой. В качестве расчетного модуля для решения задачи применялся пакет Maxwell.

В качестве начальных и граничных условий задавались параметры упрочнения стального образца размерами 100×50 мм (сталь 45 ГОСТ 1050–88), характеризующие определенные силы тока и напряжения. Моделирование частоты горения тлеющего разряда осуществлялось в пределах от 1 до 175 кГц с шагом 25 кГц.

Результаты имитационного моделирования процесса обработки тлеющим разрядом сравнивались с металлографическими исследованиями образцов, полученных на тех же режимах упрочнения, что были заданы для расчета. Оценивалась глубина упрочняемого слоя в зависимости от изменения частоты горения тлеющего разряда. При сопоставлении результатов моделирования и экспериментов можно сделать вывод о том, что разработанная методика и имитационная модель являются адекватной и обладают достаточной точностью.

УДК 004.415.532.3

ИССЛЕДОВАНИЕ КРОСС-ПЛАТФОРМЕННЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ РАБОТЫ
АСИНХРОННЫХ ЗАПРОСОВ НА МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ

Н. С. КОТЕГОВ, В. Д. МИЛЬКО

Научный руководитель Е. А. ЗАЙЧЕНКО
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Современные мобильные приложения все больше полагаются на асинхронные запросы для связи с сервером. Однако при разработке кросс-платформенных приложений разработчики сталкиваются с проблемой обеспечения эффективной работы асинхронных запросов в разных операционных системах. В исследовании будет рассмотрено влияние операционных систем Android и iOS на асинхронные запросы с использованием трех популярных технологий: Ajax, Axios и Fetch, на различных массивах данных: 3×3 и 10×10 .

Для проведения исследования разработано тестовое веб-приложение. Эксперимент повторен несколько раз для получения среднего значения времени выполнения.

Результаты исследования представлены в табл. 1.

Табл. 1. Результаты исследования

Операционная система	Ajax		Axios		Fetch	
	3×3	10×10	3×3	10×10	3×3	10×10
Android	200 мс	464 мс	144 мс	336 мс	120 мс	280 мс
IOS	256 мс	576 мс	176 мс	520 мс	152 мс	400 мс
Разница	56 мс	112 мс	32 мс	184 мс	32 мс	120 мс

Из результатов экспериментов видно, что время выполнения асинхронных запросов различается в зависимости от типа запроса, операционной системы и размера массива данных. На Android самым быстрым типом запроса оказался Fetch, который продемонстрировал наименьшее время выполнения как для массива данных 3×3 , так и для массива данных 10×10 . Затем следуют Axios и Ajax со схожими результатами, где Axios показал немного лучшие показатели по сравнению с Ajax.

На iOS также наблюдается схожая тенденция. Fetch продолжает быть самым быстрым типом запроса, а затем следуют Axios и Ajax. При увеличении размера массива данных с 3×3 до 10×10 время выполнения всех типов запросов увеличивается на обеих операционных системах. Однако относительное увеличение времени выполнения различается в зависимости от типа запроса и операционной системы.

Данные результаты могут быть полезными для разработчиков мобильных приложений, которые хотят оптимизировать работу асинхронных запросов.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ СОЗДАНИЯ РАБОЧИХ ПРОГРАММ

А. А. КИСЛЮК, В. Г. СОКОЛОВ

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

В современном мире существует множество бизнес-процессов, которые можно автоматизировать в целях сокращения затрачиваемого на них времени. Примером является написание преподавателями вузов такого документа, как рабочая программа. При ее написании часто встречается большой процент неточностей и ошибок, это обуславливается человеческим фактором, особенно при разработке их большого количества в сжатые сроки.

Одним из вариантов решения данной проблемы является автоматизация данного процесса путем разработки программной системы «Генератор рабочих программ». Основные цели данной системы – это значительное сокращение времени написания рабочих программ и уменьшение ошибок и неточностей.

Разработанная авторами система имеет две основные роли: преподаватель и заведующий кафедрой. Преподаватель, после входа в личный кабинет, видит свои рабочие программы, которые ему необходимо сделать. При нажатии на них открывается шаблон, который необходимо заполнить. В базе данных хранятся данные из учебного плана, основной образовательной программы и других документов, данные из которых автоматически вставляются в него (например, дисциплина, количество часов и зачетных единиц по ней, компетенции и т. д.). На боковой панели отображается список основных пунктов рабочей программы, нажав на которые откроется форма для заполнения. Она адаптирована под то, что необходимо писать в пункт, например – таблицу. После заполнения рабочей программы преподаватель может скачать ее себе в формате .docx.

Заведующий кафедрой может закрепить рабочую программу за преподавателем, а также отслеживать работу по ней по ее статусу: «Отправлено на разработку», «В процессе» и «Готово». Когда у программы будет автоматически установлен последний статус после полного заполнения, будет приходить уведомление, благодаря которому можно оперативно начать ее проверять.

Данная система значительно сократит написание рабочих программ за счет уменьшения времени заполнения и количества ошибок и недочетов, а также оперативной проверки заведующим кафедрой.

По сравнению с аналогами данная система проста и удобна в использовании, не имеет лишнего функционала и может быть внедрена в различные вузы.

ВЛИЯНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ПОГРЕШНОСТИ НА КПД ПЛАНЕТАРНЫХ ШАРИКОВЫХ И РОЛИКОВЫХ ПЕРЕДАЧ

Б. С. ЮРКЕВИЧ, С. С. БОЧКАРЕВ, А. Ш. КУРБАННАЗАРОВ

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

Известна методика расчета КПД планетарных шариковых и роликовых передач. Однако эта методика не учитывает погрешности, возникающие при изготовлении и проявляющиеся при работе передачи. Важной задачей при исследовании кинематических и динамических характеристик механических передач любых типов является определение причин снижения их КПД [1–3].

В результате проведенных исследований установлено, что для разных кинематических схем, передаточных отношений и угловых скоростей планетарных механизмов с телами качения КПД передачи может значительно изменяться в зависимости от ее кинематической погрешности. Для передаточных отношений от 1,5 до 5, частот вращения ведущего вала от 1500 до 3000 мин⁻¹ в зависимости от наибольших значений кинематической погрешности от 0,00175 до 0,0349 рад КПД передачи в пределах оборота ведомого вала может уменьшаться от 0,93 % до 11 %. При этом наибольшие значения КПД имеют передачи, построенные по шестой кинематической схеме. Среднее значение КПД за оборот ведомого вала от влияния кинематических погрешностей может уменьшаться до 5,5 %. Приведены графики зависимостей КПД передач от их кинематических погрешностей.

Разработан метод оценки влияния кинематической погрешности на КПД планетарных передач с промежуточными телами качения. Метод заключается в расчете КПД передачи с учетом погрешности угла поворота выходного вала за полный его оборот по выведенным математическим зависимостям. При этом кинематическая погрешность, равная погрешностям углов поворота звеньев передачи, получена из их моментов инерции при неравномерном вращении звеньев.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Капитонов, А. В. Планетарная радиально-плунжерная передача с улучшенными эксплуатационными характеристиками / А. В. Капитонов, К. В. Сасковец, А. И. Касьянов // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2017. – № 3 (56). – С. 27–34.
2. Капитонов, А. В. Исследование кинематической точности планетарных роликовых передач методами гармонического анализа и контроля в сборе / А. В. Капитонов, С. Г. Черняков // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2011. – № 4 (33). – С. 40–50.
3. Капитонов, А. В. Математическое моделирование кинематических погрешностей планетарных роликовых передач / А. В. Капитонов // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2003. – № 2 (5). – С. 44–48.

ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ РАСЧЕТА КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ПОГРЕШНОСТИ ПЛАНЕТАРНОЙ ШАРИКОВОЙ ПЕРЕДАЧИ

Б. С. ЮРКЕВИЧ, С. С. БОЧКАРЕВ, А. Ш. КУРБАННАЗАРОВ
Научный руководитель А. В. КАПИТОНОВ, канд. техн. наук, доц.
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Повышение КПД механических передач является важной задачей при исследовании характеристик механизмов малогабаритных приводов [1, 2]. Для зубчатых передач, как известно, основными причинами снижения КПД являются погрешности при изготовлении и сборке зубчатых колес, валов и других основных деталей. Анализ известных публикаций показал, что при исследовании эффективности различных типов механических передач в основном рассматривались вопросы, связанные с влиянием конструктивных, геометрических и силовых параметров на КПД механизма. При этом влияние точности изготовления деталей передачи на ее КПД либо не рассматривались, либо проводились без теоретических исследований, связывающих КПД и кинематическую погрешность. Для планетарных передач с промежуточными телами качения – шариками или роликами – так же, как и для зубчатых планетарных передач, точность изготовления удобно оценивать через кинематическую погрешность как комплексный показатель. Чтобы найти зависимость КПД от кинематической погрешности передачи и тем самым от точности изготовления ее деталей, необходимо рассматривать кинематическую погрешность, используя уравнение динамики. Поэтому разработка динамической модели передачи является актуальной задачей.

В результате проведенных исследований получена обобщенная динамическая модель планетарных шариковых и роликовых механизмов с учетом кинематических погрешностей, связывающая погрешности изготовления или упругие деформации и кинематическую погрешность передачи. Выведены математические зависимости динамической модели механизмов с телами качения. Проведена апробация модели на примере расчета кинематической погрешности одноступенчатой планетарной шариковой передачи. Получены полиномиальные уравнения с постоянными коэффициентами для определения кинематических погрешностей от влияния погрешностей изготовления звеньев передачи.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Капитонов, А. В. Исследование кинематической точности планетарных роликовых передач методами гармонического анализа и контроля в сборе / А. В. Капитонов, С. Г. Черняков // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2011. – № 4 (33). – С. 40–50.
2. Капитонов, А. В. Математическое моделирование кинематических погрешностей планетарных роликовых передач / А. В. Капитонов // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2003. – № 2 (5). – С. 44–48.

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ РОССИЙСКОГО РЫНКА ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОЙ ГЕОПОЛИТИКИ

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

Информационная безопасность является основным ориентиром развития отрасли информационных технологий во всем мире. Государственные организации и частные предприятия с каждым годом выделяют все большие бюджеты на защиту от утечек данных, взлома используемого программного обеспечения и вычислительных машин. Однако в условиях наложения санкций на большинство международных решений в сфере информационной безопасности российским организациям пришлось изменять курс развития в сторону отечественных продуктов. В подтверждение этому представлен рис. 1, на котором изображен прогноз российского рынка информационной безопасности.

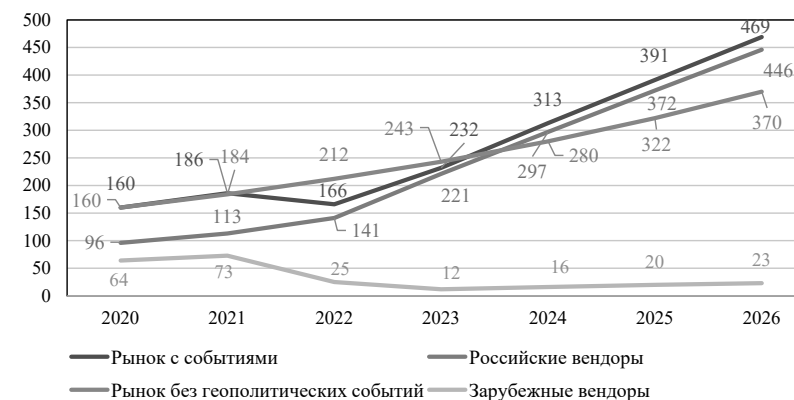


Рис. 1. Прогноз отечественного рынка информационной безопасности

Проанализировав рисунок, можно сделать вывод, что зарубежные поставщики ресурсов по информационной безопасности практически ушли с рынка, а вот спрос на российские решения в перспективе должен значительно расти с каждым годом. Из-за опасений потребителей и интереса регулирующих органов организации начнут рассматривать риск информационной безопасности как императив при ведении бизнеса. По этой причине вопрос информационной безопасности можно рассматривать как наиболее перспективное направление развития российского ИТ-рынка в ближайшем будущем.

ИССЛЕДОВАНИЕ РОССИЙСКОЙ ДИНАМИКИ ОБЪЕМА ВЛОЖЕНИЙ В ИТ-ОТРАСЛЬ

М. Д. ЖЛОБНИЦКИЙ

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

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

События 2022 г. в значительной степени коснулись всех сфер жизнедеятельности россиян. Однако если некоторые отрасли, такие как досуговая или производственная, изменились не критично, то сфера информационных технологий практически воссоздается заново. С этим связаны и глобальная миграция ИТ-специалистов, и отказ в доступе ко многим интернациональным ИТ-продуктам. Для понимания современного положения ИТ-рынка в сложившихся условиях необходимо рассмотреть динамику объема вложений в ИТ-отрасль в России. Данная статистика представлена на рис. 1.



Рис. 1. Прогноз отечественного рынка информационной безопасности

Проанализировав рис. 1, можно заметить, что вплоть до 2022 г. российский ИТ-рынок стабильно развивался. В 2021 г. даже произошел стремительный скачок вверх, что говорит о том, что в России реализовывалось все больше ИТ-проектов. Значительное снижение показателя в 2022 г. объяснимо напряженной внешнеполитической ситуацией, которая вызвала кадровое «голодание» и ликвидацию зарубежных бизнесов-проектов. Однако для отечественного ИТ-рынка в этом есть и плюсы, поскольку одним из основных трендов в этой сфере стало импортозамещение, которое повлекло за собой развитие непосредственно российских ИТ-проектов, из-за чего можно сделать вывод о том, что даже при учете снижения вложений российский ИТ-рынок в ближайшие годы должен возрасти в количестве и качестве.

АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Т. С. ГОРДЮК, Д. М. АЛЕШКЕВИЧ

Научный руководитель О. В. ПУЗАНОВА, канд. техн. наук, доц.

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Обоснованное требование точности механизма – необходимое условие качественного проектирования. Должны быть ограничены отклонения реальных параметров от параметров, которые определены расчетом. Обоснование ограничений первичных ошибок может быть основано на аналитическом кинематическом анализе механизма. Аналитический метод анализа точности заключается в анализе ошибок положения звеньев механизма, возникающих от первичных геометрических и кинематических ошибок.

Выполнен анализ точности рычажных механизмов с учетом их нелинейных функций положения. Формулы включают частные производные функций положения по параметрам ошибок. Для их вывода условно зафиксированы входные координаты, а параметры механизма, дающие ошибку, приняты за дополнительные независимые переменные. Например, для механизма шарнирного четырехзвенника с длинами звеньев L_i выведены следующие функции ошибок положения шатуна $\Delta\varphi_2$ и коромысла $\Delta\varphi_3$:

$$\Delta\varphi_2 = -\frac{L_1 \sin(\varphi_1 - \varphi_3)}{L_2 \sin(\varphi_2 - \varphi_3)} \Delta\varphi_1 + \frac{\cos(\varphi_1 - \varphi_3)}{L_2 \sin(\varphi_2 - \varphi_3)} \Delta L_1 +$$

$$+ \frac{1}{L_2 \sin(\varphi_2 - \varphi_3)} \Delta L_1 + \frac{\operatorname{ctg}(\varphi_2 - \varphi_3)}{L_2} \Delta L_3 - \frac{2 \sin(\varphi_3 / 2)^2 - 1}{L_2 \sin(\varphi_2 - \varphi_3)} \Delta L_0;$$

$$\Delta\varphi_3 = \frac{L_1 \sin(\varphi_1 - \varphi_2)}{L_3 \sin(\varphi_2 - \varphi_3)} \Delta\varphi_1 - \frac{\cos(\varphi_1 - \varphi_2)}{L_3 \sin(\varphi_2 - \varphi_3)} \Delta L_1 -$$

$$- \frac{1}{L_3 \sin(\varphi_2 - \varphi_3)} \Delta L_2 - \frac{\operatorname{ctg}(\varphi_2 - \varphi_3)}{L_3} \Delta L_3 + \frac{\cos(\varphi_2)}{L_3 \sin(\varphi_2 - \varphi_3)} \Delta L_0.$$

Установлено, что для цикловых механизмов ошибки положения зависят не только от первичных ошибок длин звеньев, но и от обобщенной координаты механизма φ_1 . Проанализировано влияние каждой первичной ошибки на максимальные за цикл значения ошибок положений шатуна и коромысла. Установлено, что наибольшее влияние на погрешности положения звеньев шарнирного четырехзвенника оказывают ошибка длины шатуна ΔL_2 и ошибка длины коромысла ΔL_3 , а ошибка длины стойки ΔL_0 , ошибка длины кривошипа ΔL_1 и ошибка положения кривошипа $\Delta\varphi_1$ влияют в меньшей степени.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦИКЛОИДАЛЬНО-ЦЕВОЧНОЙ ПЕРЕДАЧИ С ДВУХВЕНЦОВЫМ САТЕЛЛИТОМ

А. С. ЗЫЛЬ

Научный руководитель Е. С. ЛУСТЕНКОВА
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В системе Siemens NX (версия 2212) разработана модель циклоидально-цевочной передачи с двухвенцовым сателлитом, два вида которой показаны на рис. 1. Особенностью конструкции является установка двух рядов роликов не на центральных колесах, а на сателлите, по аналогии со сферическими передачами [1, 2].

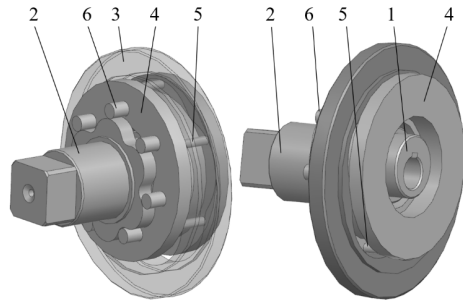


Рис. 1. Циклоидально-цевочная передача: 1 – ведущий вал; 2 – ведомый вал с центральным циклоидальным колесом; 3 – корпус с центральным циклоидальным колесом; 4 – сателлит; 5, 6 – два венца сателлита с роликами

Передаточное отношение равно 36, диаметр корпуса 80 мм. При симуляции движения приведенный коэффициент трения принимался $f = 0,02$. Использовался решатель Adams, время симуляции – 1 с. График изменения мгновенных значений момента на ведущем валу строился по 900 точкам. Коэффициент жесткости при этом устанавливался по умолчанию $k = 10^5$ Н/мм.

В результате получено среднее значение момента $T_1 = 0,8$ Н·м, что соответствует среднему КПД, равному 0,7.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Lustenkov, M. E.** Strength calculations for cylindrical transmissions with compound intermediate rolling elements / M. E. Lustenkov // Int. J. of Mechanisms and Robotic Systems. – 2015. – Vol. 2, № 2. – P. 111–121.
2. **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.

СЕРВЕРНЫЙ КОМПОНЕНТ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СВАРОЧНЫМИ ПРОЦЕССАМИ

Д. И. ЕРОХОВА, Л. Ю. СИВАКОВ, В. Г. СОКОЛОВ

Научные руководители С. В. БОЛОТОВ, канд. техн. наук, доц.;
К. В. ЗАХАРЧЕНКОВ, канд. техн. наук
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Серверный компонент системы управления сварочными процессами разработан с целью обработки данных, поступающих с мобильного приложения на сервер. Анализ данных о работе сварщиков и сварочного оборудования осуществляется на основе паспорта каждого сварного соединения, оценки работы сварщика, аналитических отчетов и работе сварщиков и сварочного оборудования.

Серверный компонент системы управления сварочными процессами обеспечивает ввод, изменение и удаление данных о сварщиках, руководителях сварочных работ, контролерах, оборудовании, технологических процессах, технологических инструкциях. Мастера с использованием серверного компонента системы выдают задания на выполнение сварочных работ сварщикам. Выданные задания передаются на мобильные устройства сварщиков. Контролеры с использованием серверного компонента системы оценивают соответствие параметров сварочных процессов технологическим инструкциям.

Серверный компонент системы управления сварочными процессами включает следующие программные сервисы.

1. MachineRepositories, MachineServices предназначены для управления данными об оборудовании, включая создание, обновление и редактирования информации.

2. MachineRecordRepository, MachineRecordService предназначены для выбора необходимых заданий по сварке для сварщиков и установки требуемых режимов сварки.

3. InstructionRepository, InstructionServices предназначены для управления данными о технологических инструкциях для каждого сварного шва, включая диапазоны допустимых параметров сварочных процессов.

4. JobRepositories, JobService обеспечивают формирование заданий для групп сварщиков на основе плана производства и технологических инструкций.

5. ReportService обеспечивает учет изготовления продукции и сварных швов с возможностью экспорта данных в системы производственного планирования и учета.

Важность серверного компонента заключается в управлении информацией о сварочном производстве предприятия или организации, также он обеспечивает эффективное распределение ресурсов.

ОСОБЕННОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РЕЙТИНГОВОЙ ОЦЕНКИ УНИВЕРСИТЕТА НА ПЛАТФОРМЕ QS

Е. Ю. ГРУШЕЦКАЯ, И. Г. ПЛИСКО

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

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Рейтинг QS EECA University Rankings, впервые опубликованный в 2014 г., в 2023 г. включает 450 лучших университетов развивающихся стран Европы и Центральной Азии, включая Белорусско-Российский университет.

Место университета в рейтинговой системе QS EECA определяется следующими показателями: AR – академическая репутация (Academic reputation) – 30 %; ER – репутация работодателя (Employer reputation) – 20 %; FSR – соотношение преподавателей и студентов (Faculty/student ratio) – 10 %; PPF – количество статей Scopus на одного преподавателя (Papers per faculty) – 10 %; IRN – международная исследовательская сеть (International research network) – 10 %; WI – веб-влияние (Web impact) – 5 %; FSP – персонал с докторской степенью (Staff with a PhD) – 5 %; CPP – цитаты на статью (Citations per paper) – 5 %; IFR – иностранные преподаватели (International faculty) – 2,5 %; ISR – иностранные студенты (International students) – 2,5 %.

Исследование расчетных общих показателей R_{QS} и их сравнение с общим показателем университета OVR , который представлен на QS EECA, показало, что имеется ошибка в расчетах. Нормальный закон распределения выборки относительной ошибки δR подтвержден по критерию Шапиро – Уилка со значением $W = 0,99482$; $p - value = 0,7172$. Для уровня значимости $\alpha = 0,05$ среднее значение относительной ошибки δR составляет 7,269 %.

Таким образом, с учетом выполненных исследований общая оценка рейтинга университета OVR может быть рассчитана по формуле

$$OVR = \frac{R_{QS}}{1 - \delta R}.$$

Рейтинг QS EECA не показывает место университета ниже двухсотой позиции. Выполненные исследования позволяют оценить место университета после сортировки в порядке уменьшения по значению OVR . Например, определены места белорусских вузов: Белорусский государственный технологический университет, Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины, Витебский государственный университет имени П. М. Машерова.

ВЛИЯНИЕ УГЛА ПОДЪЕМА БЕГОВЫХ ДОРОЖЕК НА КПД ПЕРЕДАЧ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМИ ТЕЛАМИ КАЧЕНИЯ

Е. С. ЛУСТЕНКОВА

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

В системе Mathcad на основе разработанной модели силового взаимодействия была проведена оценка использования трехконтактной передачи с промежуточными телами качения цилиндрического типа для создания мультипликатора [1]. Рассматривались кинематические схемы редуктора и мультипликатора. В первом случае вращалась внутренняя втулка, наружная была неподвижной, а сепаратор являлся ведомым звеном. Во втором случае ведущим звеном являлся сепаратор, а внутренняя втулка была ведомой [2]. Геометрические параметры передач принимались одинаковыми, передаточное отношение (коэффициент мультипликации) равно 12. На основе графических зависимостей (рис. 1) установлены значения угла подъема беговой дорожки внутренней втулки α_1 , обеспечивающие максимальный КПД.

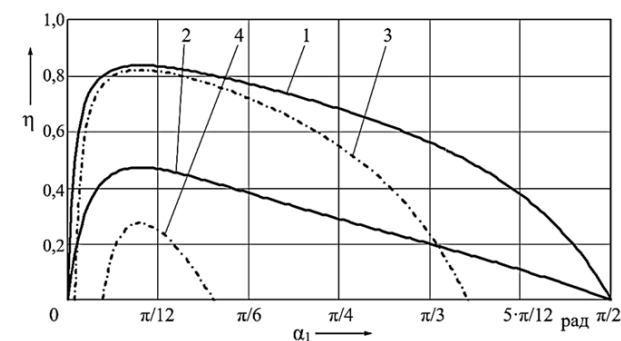


Рис. 1. Зависимость КПД передач от угла подъема беговой дорожки в редукторном (1 ($f = 0,02$), 2 ($f = 0,1$)) и мультипликаторном (3 ($f = 0,02$), 4 ($f = 0,1$)) режимах

В определенных диапазонах значений α_1 , с учетом коэффициентов трения f , мультипликаторный режим невозможен из-за самоторможения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лустенков, М. Е. Определение основных геометрических параметров планетарных шариковых передач / М. Е. Лустенков // Сборка в машиностроении и приборостроении. – 2008. – № 1. – С. 12–17.
2. 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.

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИКИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО МАНИПУЛЯТОРА

Е. В. ОПАРИНА

Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I
Санкт-Петербург, Россия

Манипулятором называют исполнительный механизм промышленного робота, оснащенный приводами и рабочим органом, с помощью которого осуществляется выполнение рабочих функций [1, 2]. Способность воспроизводить движения достигается приданием манипулятору нескольких степеней свободы, по которым осуществляется управляемое движение с целью получения заданного движения рабочего органа – схвата. При решении задач проектирования и управления промышленными роботами приходится определять как положения его звеньев относительно неподвижной системы координат – абсолютные положения звеньев, так и их относительные положения – обобщенные координаты. Первая задача называется прямой, а вторая – обратной задачей о положениях манипулятора. В [3] представлено решение прямой задачи о положениях манипулятора, т. е. определение и исследование положения звеньев манипулятора при известных обобщенных координатах. Кинематические характеристики последнего звена манипулятора – схвата находятся посредством применения векторно-матричного метода в среде математического моделирования Mathcad. С помощью этого метода найдены пространственная траектория тела, находящегося в схвате, графики зависимостей глобальных координат тела, находящегося в схвате, от времени, графики изменения модуля и проекций скорости тела, а также графики изменения модуля и проекций ускорения тела, находящегося в схвате, от времени в глобальной системе координат и другие кинематические характеристики.

Векторно-матричный метод относится к универсальным методам и рассчитан для применения в системах математического компьютерного моделирования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доев, В. С. Сборник заданий по теоретической механике на базе MATHCAD: учебное пособие / В. С. Доев, Ф. А. Доронин. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 592 с.
2. Пеклов, П. Н. Расчет стержневых систем на устойчивость с использованием пакета MATLAB [Электронный ресурс] / П. Н. Пеклов, В. А. Василенко // Неделя науки – 2022: электрон. сб. лучших докладов обучающихся факультета «Транспортное строительство». – Санкт-Петербург, 2022. – С. 23–27.
3. Oparina, E. Kinematics study for a spatial manipulator / E. Oparina // E3S Web of Conferences. – 2023.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЦВЕТОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕКТОВ

В. Р. ГАФУРОВ

Научный руководитель В. Л. ЖБАНОВА, канд. техн. наук, доц.
Филиал «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Смоленске
Смоленск, Россия

В статье описывается программное обеспечение устройства для исследования цветковых параметров объектов. Основной целью работы ПО является выделение цветовой координаты точки на исследуемом изображении и рассмотрение ее в различных колориметрических системах и пространствах. Для достижения этой цели были выделены и реализованы следующие этапы: разработка эргономичного интерфейса, определение необходимых форм и элементов управления, захват цветовой координаты в пространстве RGB с последующим переводом их в пространство XYZ, реализация методов перехода от пространства XYZ в пространства CIE Lab и CIE Luv, а также проверка правильности реализации программного обеспечения [1].

На рис. 1 представлен окончательный интерфейс ПО. В рамках которого были реализованы следующие функциональные элементы: возможность вывода промежуточных результатов, предоставляющая операторам удобный контроль над ходом выполнения операций; выбор из трех доступных цветковых пространств, что позволяет пользователям адаптировать приложение под свои потребности; выбор из четырех моделей RGB для более точного и гибкого ввода данных; возможность выделения рабочей области на выбранном изображении, что упрощает работу с конкретными участками изображения; настройка количества знаков после запятой для улучшения удобства чтения и анализа полученных данных.

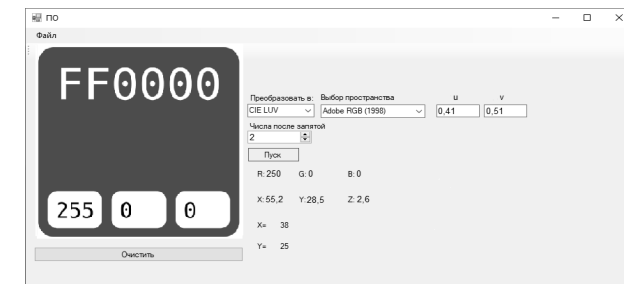


Рис. 1. Окончательное рабочее окно программы

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гуревич, М. М. Цвет и его измерение: учебник / М. М. Гуревич. – Москва; Ленинград: Акад. наук СССР, 1950. – 267 с.

И. А. БЕККЕР, Н. П. СКРЫЛЕВ

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

Трудоёмкость алгоритма задает число шагов, которые должен выполнить алгоритм, как зависимость от объема входных данных n . За один шаг принимается каждая выполняемая за самое малое (элементарное) время операция (элементарная операция). Элементарными операциями принято считать присваивание, сравнение, арифметические и логические операции, обращение по индексу, а также вызов метода и возвращение значения из метода.

При вычислении точной трудоёмкости F_{For} цикла For считается классической формула

$$F_{\text{For}}(n) = 1 + 3 \cdot n + n \cdot f_{\text{loop}}, \quad (1)$$

учитывающая трудоёмкость f_{loop} тела цикла и количество его повторов n .

Первые два слагаемых считают операции со счетчиком: присваивание и сравнение. Эта формула широко применяется при точном анализе алгоритмов для стандартных циклов со счетчиком, когда задано начальное значение счетчика одной операцией присваивания ($i = 0$), его предельное значение – через одну операцию сравнения ($i < n$) и правило изменения – командой с выражением в правой части, содержащим одну элементарную операцию ($i = i + 1$).

Для проверки формулы рассмотрим ее табличное представление и элементарные операции со счетчиком на каждой итерации цикла (табл. 1).

Табл. 1. Элементарные операции со счетчиком

$i = 0$ 3 операции со счетчиком повторяются n раз			
	$i < n$	тело цикла	$i = i + 1$
	$i < n$	тело цикла	$i = i + 1$
	...	...	...
	$i < n$	тело цикла	$i = i + 1$
$i < n$			

Наглядное представление позволяет увидеть, что имеет место повторение n раз трех операций со счетчиком: сравнения, сложения и присваивания значения (слагаемое $3 \cdot n$ в формуле (1)). Помимо этих операций, должны быть учтены еще две операции: вынесенные за таблицу начальное присваивание счетчику значения и последнее сравнение, которое выполнится, но его результатом будет логическая величина false. Поэтому цикл закончит работу и передаст управление следующему оператору. Таким образом, предлагается следующая уточненная формула для трудоёмкости цикла For:

$$F_{\text{For}}(n) = 2 + 3 \cdot n + n \cdot f_{\text{loop}}, \quad (2)$$

незначительное отличие которой от общепринятой формулы первым слагаемым может оказаться существенным при работе с вложенными циклами, с большими данными, в ситуации ограничения ресурсов памяти.

Н. В. ШИШОВ

Научный руководитель А. Е. НАУМЕНКО, канд. техн. наук
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Оценка усталостной выносливости металлоконструкции грузоподъемного крана является одной из обязательных составляющих при проведении его технического диагностирования.

Условие сопротивления усталости элемента конструкции имеет вид

$$\Delta\sigma_{\max} \leq \frac{\Delta\sigma_R}{k_{\text{nc}} \cdot n_f}, \quad (1)$$

где $\Delta\sigma_{\max}$ – расчетный размах напряжений в рассматриваемом элементе металлоконструкции; $\Delta\sigma_R$ – пределы выносливости по размаху напряжений; k_{nc} – коэффициент приведения пределов выносливости к расчетному количеству циклов; n_f – коэффициент запаса прочности.

При проверке условия (1) для металлоконструкции крана наибольшую трудоёмкость вызывает определение критических зон в металлоконструкции крана, в которых возникает наибольший размах напряжений.

В данной работе была поставлена задача оценки усталостной выносливости металлоконструкции мостового однобалочного крана 1982 г. вып., имеющего грузоподъемность 2 т, пролет 16,5 м, установленного на предприятии ОАО «Могилевский КСИ».

Был выполнен ее расчет методом конечных элементов для различных положений электротали на главной балке, при подъеме груза с массой, соответствующей максимальной грузоподъемности крана, и без груза (учтены только собственные массы крана и электротали). В результате были определены зоны возникновения максимальных амплитуд напряжений в металлоконструкции крана. Расчеты показали, что такими зонами являются среднее сечение главной балки ($\Delta\sigma_{\max} = 44,9$ МПа) и зона возле технологического отверстия в концевой балке, которое является для нее концентратором напряжений ($\Delta\sigma_{\max} = 42,2$ МПа).

Для данных зон была выполнена проверка условия (1), которая показала, что начиная с начала эксплуатации крана по текущее время сопротивление усталости металлоконструкции рассматриваемого мостового однобалочного крана обеспечено.

Таким образом, данная работа позволила произвести оценку усталостной выносливости рассматриваемого крана, что дает возможность использовать методику ее проведения при техническом диагностировании, а также распространить эту методику на грузоподъемные краны различного типа.

УДК 691.175, 620.172

СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ НАТУРНЫХ И ВИРТУАЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ НА РАСТЯЖЕНИЕ ОБРАЗЦОВ ИЗ ABS-ПЛАСТИКА

Д. Д. АДИНЦОВ

Научный руководитель И. А. ЛЕОНОВИЧ, канд. техн. наук, доц.
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Задачей исследования являлось сопоставление прочности на растяжение реального образца из ABS-пластика, полученного методом 3D-печати, и аналогичной цифровой модели. Проведены испытания на растяжение по ГОСТ 11262–2017 (ISO 527–2:2012) *Пластмассы. Метод испытания на растяжение* образцов типа 1B из ABS-пластика с типом укладки проволоки linear при заполнении в 100 %. Использовалось следующее оборудование: 3D-принтер VSHAPER PRO, испытательная машина настольного типа Kason WDW. Определены механические характеристики материала для теоретического расчета: предел прочности при растяжении $\sigma_{рм} = 37,95$ МПа (при максимальной силе 1610 Н), модуль продольной упругости при растяжении $E = 540$ МПа (коэффициент Пуассона принят равным 0,36).

Статический расчет на растяжение проводился в программном комплексе SOLIDWORKS в приложении Simulation (рис. 1).

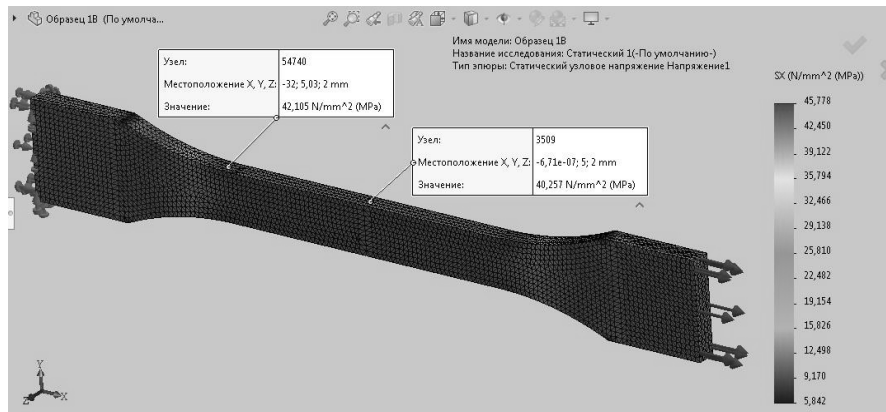


Рис. 1. Статический расчет на растяжение образца 1B при силе 1610 Н

Расчет подтвердил, что концентратором напряжений является место перехода к радиусу закругления (все натурные образцы разрушились за пределами контрольной длины). Максимальные напряжения (42,1 МПа) превысили предел прочности аддитивного материала, что требует решения обратной задачи: уточнения коэффициента Пуассона по теоретической модели для повышения ее адекватности.

УДК 614.7, 004.4

РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКА ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТРАНСПОРТНОГО ШУМА

А. А. ФЕДОСЕЕНКО, Н. А. ГОРБУНОВА

Научный руководитель И. О. КОПЫТНЕКОВА, д-р мед. наук, проф.
Петербургский государственный университет путей
сообщения Императора Александра I
Санкт-Петербург, Россия

Взаимосвязь между транспортным шумом и последствиями для здоровья сложна отчасти из-за большого числа задействованных факторов, а также широкого спектра воздействий на здоровье как прямых, так и косвенных факторов. Четыре последствия для здоровья, а именно раздражение, когнитивные нарушения, проблемы со сном и вызванная шумом потеря слуха, могут быть непосредственно связаны с воздействием транспортного шума. Менее прямыми последствиями являются стресс, психическое здоровье, заболевания сердечно-сосудистой системы и общее качество жизни, связанное со здоровьем. Целью работы является разработка кросс-платформенного приложения для обработки информации, полученной с использованием анализатора шума для оценки риска здоровью населения от воздействия транспортного шума.

С целью автоматизации расчетов, унификации оценки результатов и снижения затрат времени предлагается разработка программного комплекса для дифференциальной оценки риска здоровью населения от воздействия железнодорожного и автомобильного транспорта. Программа предназначена для проведения предварительной экспресс-оценки потенциального риска здоровью населения, проживающего в зоне влияния улично-дорожной сети и подвергающегося воздействию транспортного шума. Расчет потенциального риска позволяет определить вероятность возникновения неблагоприятного эффекта, связанного с акустическим загрязнением и размер группы риска (в процентах или долях единицы), т. е. количество населения, у которого потенциально могут проявиться неблагоприятные эффекты, связанные с воздействием шума. Конечным продуктом является удобное, кросс-платформенное приложение для оперативной оценки риска в полевых условиях для сотрудников испытательных центров, проводящих измерения шума от известных источников автомобильного, железнодорожного или комбинированного транспортного потоков.

Работа выполнена в рамках реализации программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030».

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ LLC «NOVUS INDUSTRY»

А. А. СИНЮКОВИЧ

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

Промышленное предприятие LLC «NOVUS INDUSTRY» или юридическое лицо – общество с ограниченной ответственностью «Новус Индустри», резидент свободной экономической зоны «Могилев».

Основной вид продукции LLC «NOVUS INDUSTRY» – мебель различного функционального назначения [1], в производственной программе более 100 разных моделей мебели, в большинстве конструкций которых используются механизмы для перемещения выдвижных элементов конструкции мебели (МПВЭКМ).

На LLC «NOVUS INDUSTRY» успешно действует многоуровневая система контроля качества готовой продукции. Основные компоненты мебели изготавливаются на предприятии из древесины различных пород дерева и имеет место полный производственный цикл, т. е. на входе древесина, а на выходе на сборочный участок поступают готовые элементы мебели. В этом случае контроль технологического регламента выполняется на каждой операции. Более сложным и более интересным представляется контроль покупных изделий, которые на LLC «NOVUS INDUSTRY» поступают от различных предприятий по производственной кооперации. А более сложным, ответственным и трудоемким является контроль качества МПВЭКМ различных конструкций и, соответственно, различных предприятий-поставщиков.

Специализированное оборудование для контроля качества МПВЭКМ и использование его в беспилотном режиме при автоматизации технологических процессов контроля качества МПВЭКМ практически недоступно по следующим причинам: международные санкции, чрезвычайно высокая стоимость приобретения и эксплуатации, не имеется полного доступа к программному обеспечению и запасным частям и т. д.

Для решения данной проблемы была принята и реализована программа проектирования и изготовления данного оборудования LLC «NOVUS INDUSTRY» на электрооборудовании ПО «ОБЕН» (г. Москва).

В докладе представлены различные аспекты проектирования, изготовления и эксплуатации данного оборудования для автоматизации технологических процессов контроля качества МПВЭКМ LLC «NOVUS INDUSTRY».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ленецкий, Г. С. Разработка нового испытательного оборудования для продукции LLC «NOVUS INDUSTRY» на электрооборудовании ПО «ОБЕН» / Г. С. Ленецкий, А. А. Синюкович, Д. В. Шнип // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2023. – № 3 (80). – С. 134–143.

МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИЕ ПОРОШКИ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ $Al_2O_3-TiO_2$ И ПЛАЗМЕННЫЕ ПОКРЫТИЯ ИЗ НИХ

И. К. АНДРЕЕВ¹, А. С. ОЛЕНЦЕВИЧ¹, Ю. В. СЕЛИВАНОВА²

Научный руководитель А. С. ФЕДОСЕНКО¹, канд. техн. наук, доц.

¹Белорусско-Российский университет

²Могилевский государственный политехнический колледж
Могилев, Беларусь

Материалы на основе TiO_2 , Al_2O_3 , ZrO_2 нашли широкое применение в промышленности благодаря высокой твердости, износостойкости, коррозионной стойкости. Их используют как в качестве керамических конструкционных материалов, так и для нанесения упрочняющих и защитных покрытий, способных работать длительное время в условиях интенсивного трения, при контакте с незакрепленными абразивными частицами, в присутствии широкого спектра жидких и газообразных агрессивных сред.

Основным недостатком керамических покрытий является высокая хрупкость, часто приводящая к образованию трещин, скалыванию слоя, а также его отслоению от подложки и расслоению.

Для увеличения прочности, вязкости и устойчивости к тепловым ударам было предложено в керамическую основу дополнительно вводить алюминий и/или никель общим количеством до 10 % (по массе), что создает условия для образования новых, более пластичных фаз. Порошки получали способом реакционного механического легирования. Время обработки составляло 8 ч.

Покрытия из разработанных порошков получали плазменным напылением. Температура образца при напылении не превышала 20 °С.

Изучение микроструктуры покрытий позволило установить, что вводимые в состав керамической композиции никель и/или алюминий в процессе обработки в механореакторе гомогенно распределяются по объему, образуя плакирующий слой на поверхности керамических частиц. При нанесении газотермических покрытий металлические включения формируют тончайшие слои на основе легирующих металлов, которые придают покрытию большую вязкость и прочность. Толщина металлических прослоек составляет не более 0,1 мкм.

Установлено, что при формировании покрытий из разработанных металлокерамических порошков трещины не образуются как на микро-, так и на макроуровне. Это объясняется увеличением пластичности материала, а также меньшими внутренними напряжениями. Закономерно предположить, что адгезионная и когезионная прочность покрытий также растет.

С увеличением количества вводимой металлической составляющей склонность к хрупкому разрушению покрытия снижается, что подтверждается ростом величины угла, соответствующего началу растрескивания слоя.

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОЧАСТИЦ МЕДИ В КОЖЕВЕННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

С. БАЛЛЫЕВ

Научный руководитель Ф. С. ШАРИФУЛЛИН, д-р техн. наук, проф.
Казанский национальный исследовательский технологический университет
Казань, Россия

В последние годы наночастицы меди и соединения на ее основе находят применение в различных отраслях промышленности [1]. Одним из важных свойств наночастиц меди является их высокая поверхностная активность. Это означает, что большая часть атомов меди находится на поверхности частиц, а не внутри их. Благодаря этому наночастицы меди обладают повышенной локальной активностью и реакционной способностью. Наночастицы меди могут вступать в реакцию со множеством веществ, включая кислород, водород, влагу, карбонаты, сульфаты и некоторые органические соединения.

В легкой промышленности наночастицы меди применяются в различных областях. Они широко используются в производстве антимикробных и антибактериальных покрытий для текстиля и одежды. Благодаря своей высокой антимикробной активности, наночастицы меди могут убивать бактерии и вирусы, предотвращая их размножение и рост. Взаимодействие наночастиц меди с бактериями происходит в результате нескольких процессов. Наночастицы меди могут проникать в клетки бактерий и наносить им механическое повреждение, а также наночастицы меди имеют поверхностные примеси, которые формируют ионы меди в окружающей среде. Они обладают окислительными свойствами и могут повреждать бактериальные клетки, нарушая клеточные структуры и процессы.

Если речь заходит о применении наночастиц меди в кожевенной промышленности, то взаимодействие наночастиц меди с белками может зависеть от различных факторов, включая размер и форму наночастиц, их поверхностные свойства и концентрацию белков. Взаимодействие наночастиц меди с клеточной средой вызывает их адсорбцию на поверхности белков, что приводит к образованию кислородно-основных групп, что позволяет им обмениваться электронами с реагентами и молекулами в окружающей среде.

Таким образом, антимикробные свойства наночастиц меди против широкого спектра микроорганизмов, включая бактерии, вирусы и грибки, делают их потенциально значимым препаратом в процессе хранения и консервирования кожевенного сырья различных видов животных.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Use of expanded copper mesh grid for negative electrodes of sealed lead storage batteries / M. Lushina [et al.] // J. Power Sources. – 2005. – P. 95–104.

ОПТИЧЕСКИЕ СЕНСОРЫ ЭТАНОЛА НА БАЗЕ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ ПЛЕНОК НАНОРАЗМЕРНОГО ДИОКСИДА КРЕМНИЯ

Т. В. РОЖКОВА

Научный руководитель С. П. СТРЕЛКОВ, канд. биол. наук, доц.
Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева
Москва, Россия

Высокая пожаро- и взрывоопасность паров этанола требуют постоянного контроля их концентрации в воздухе производственной рабочей зоны. Также все чаще подобные сенсоры устанавливают в автомобилях в качестве алкозамков.

В основе принципа датчика лежит изменение физических или химических свойств при контакте с определенными соединениями. В последние годы все больше внимания уделяется оптическим сенсорам, как наиболее точным.

Несмотря на высокую чувствительность и селективность, повсеместное внедрение датчиков на основе оксидов металлов (олова, цинка, титана, вольфрама) и комбинированных оксидных систем, существенно ограничивается стоимостью расходных материалов и сложной технологией нанесения покрытия. В качестве наиболее дешевой и эффективной замены указанных оксидов могут быть использованы наноразмерные золь-гель пленки диоксида кремния.

Тонкие пленки мезопористого кремнезема с функциональными метильными группами являются эффективным преобразователем для трансформации изменений показателя преломления пористых материалов с адсорбированным в них определяемым веществом в легко измеряемые оптические сигналы.

В предлагаемом прототипе датчика этанола лежит механизм детектирования изменений показателя преломления луча светодиода в наноразмерной пленке диоксида кремния в зависимости от степени насыщения пор парами органического вещества. Процесс производства оптического датчика включает в себя получение золя на основе SiO_2 , подготовку подложки (прогрев при $200\text{ }^{\circ}\text{C} \dots 250\text{ }^{\circ}\text{C}$ 5 мин), формирование покрытия методом погружения, термообработку покрытия для придания механической прочности и формирования требуемой пористой структуры. Растворы кремнийорганических соединений (замещенных этоксисиланов) в изопропиловом спирте смешивали в полимерном реакторе, после чего проводился контролируемый гидролиз в присутствии соляной кислоты. Золь формировался при постоянном перемешивании на магнитной мешалке в течение 24 ч при комнатной температуре. Полученную смесь методом *deer-coating* наносили на кремниевую подложку. Полученные нанесенные пленки обрабатывали при температурах $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение различного времени (5 мин).

Для образца золь-гель пленки получена линейная зависимость изменения показателя преломления от концентрации этанола, что будет положено в основу нового типа оптического датчика этанола.

К. И. ПИСАРЕНКО, А. Р. ЗЕЛИНСКИЙ,
Д. С. ТИМОШЕНКО, И. И. САЗОНОВ

Научный руководитель П. Я. ЧУДАКОВСКИЙ, канд. физ.-мат. наук
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В работе экспериментально реализуется левитация миниатюрных объектов в ультразвуковом поле. Акустическая левитация представляет интерес в задачах биофизики, микрофлюидики, при исследовании диффузионных процессов и процессов кристаллизации. На рис. 1 представлена левитация объектов из различных материалов.

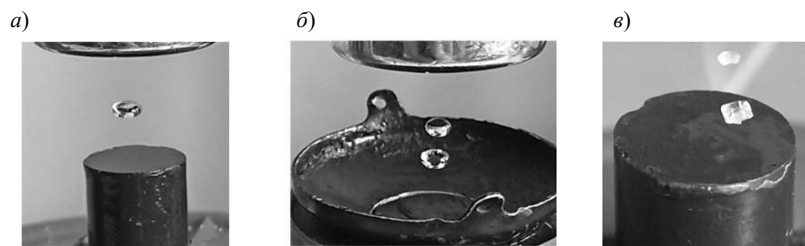


Рис. 1. Ультразвуковая левитация объектов: а, б – капли масла; в – кристаллики сахара

Наш интерес к левитирующим жидким объектам вызван, с одной стороны, из-за возможности использования их в качестве биологических ячеек [1], а с другой – в медицинских приложениях зачастую необходимо знать свойства жидких сред (например, вязкость, поверхностное натяжение). В условиях ультразвуковой левитации форма жидкого объекта испытывает колебания, которые возможно исследовать по светорассеянию, что, в конечном счете, и позволяет оценить указанные выше свойства жидкости. Левитация же твердых объектов вызывает интерес в задачах роста одиночных кристаллов. При этом дистанционный контроль процесса роста кристалла можно осуществить методами оптической дифрактометрии [2]. Таким образом, представленные выше прикладные задачи являются предметом дальнейших исследований, решение которых осуществит вклад в развитие оптических методов контроля.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Rotation of biological cells: fundamentals and applications / T. Tang [et al.] // Engineering. – 2022. – Vol. 10. – P. 110–126.
2. Чудаковский, П. Я. Расчет оптических дифракционных картин в процессе роста кристаллических частиц / П. Я. Чудаковский, Н. С. Манкевич // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2022. – С. 340–341.

Е. А. БОБИНА¹, М. П. ДАНИЛАЕВ¹, С. А. КАРАНДАШОВ¹,
В. А. КУКЛИН², Е. А. МИРОНСКАЯ², Г. Ю. ЯКОВЛЕВА²

¹Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А. Н. Туполева – КАИ

²Казанский федеральный университет
Казань, Россия

При разработке дисперсно-наполненных полимерных композиционных материалов важно обеспечить необходимые функциональные и механические характеристики. Изменение толщины оболочки у капсулированных частиц наполнителя предоставляет возможность модифицировать механические свойства исследуемой композиции [1].

Главная задача данного исследования заключается в определении влияния, которое оказывает толщина оболочки из полилактида на механические характеристики композитного материала на основе эпоксидной смолы ЭД-20, содержащего капсулированные частицы оксида меди (I).

Проведенные исследования демонстрируют, что характеристики прочности (максимальная прочность, максимальная деформация) композитного материала на основе эпоксидной смолы ЭД-20 зависят от наличия полимерной оболочки из полилактида на частицах оксида меди (I) и её толщины. Это влияние определяется, по крайней мере, двумя факторами: усилением взаимодействия макромолекул матричного полимера с полимером оболочки и возникновением остаточных напряжений на границе между капсулированной частицей и матричным полимером. При оболочке толщиной менее 20 нм преобладает первый фактор, а при большей толщине – второй фактор. В экспериментах было отмечено увеличение предела прочности композитного материала, наполненного капсулированными частицами, на 25 % и снижение максимальной деформации на 20 % при толщине оболочки около 20 нм. Следует отметить, что предел прочности композитного материала с капсулированными частицами ($\sigma = (55,2 \pm 2,5)$ МПа) выше, чем у ненаполненного полимерного композита ($\sigma_n = (48,2 \pm 1,5)$ МПа). При сжатии исследуемого композитного материала модуль упругости остается неизменным независимо от толщины полимерной оболочки из полилактида на частицах оксида меди (I).

Научные исследования проведены при финансовой поддержке Российского научного фонда, грант № 23-29-00160.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Analysis of aluminum oxides submicron particle agglomeration in polymethyl methacrylate composites / V. Kuklin [et al.] // Int. J. Mol. Sci. Multidisciplinary Digital Publishing Institute. – 2023. – Vol. 24, № 3. – P. 2515.

УДК 621.9.04

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ОБРАБОТКИ УГЛЕПЛАСТИКОВ НА ИХ УСТАЛОСТНУЮ ПРОЧНОСТЬ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКОМ ИЗГИБЕ

И. С. БОЛОТНИКОВ

Московский автомобильно-дорожный государственный
технический университет (МАДИ)
Москва, Россия

Для оценки влияния способа и режимов выполнения обработки кромок композитных конструкций на их усталостную прочность были проведены испытания плоских образцов углепластиков на основе эпоксидного связующего, полученных из отформованного листа толщиной 1,2 мм фрезерованием, лазерной и гидроабразивной резкой, на циклический трехточечный изгиб (количество циклов – 100 тыс., частота – 5 Гц), в том числе после выдержки при температуре -50 °С в течение 60 и 120 ч.

Результаты испытаний на трехточечный изгиб, выполненных до циклического нагружения, показали, что способ и режимы обработки практически не оказывают влияния на прочность при статическом кратковременном нагружении. Однако при длительном циклическом нагружении, различный объем и характер микроповреждений, возникающих при обработке исследуемыми способами, приводит к различному уровню потери прочностных свойств.

При механической обработке снижение частоты вращения фрезы в 2 раза (с 20 до 10 тыс. об/мин) при одинаковой скорости подачи ($s = 150$ мм/мин) приводит к увеличению максимального прогиба (на ~11 %), что косвенно указывает на снижение межслойной прочности при увеличении сил резания, что, в свою очередь, способствует увеличению остаточной прочности после циклического изгиба, в том числе после выдержки при -50 °С (60 ч).

Несмотря на образование зоны термического влияния (шириной ~0,12 мм), образцы, полученные резкой оптоволоконным твердотельным лазером на воздухе ($N = 2$ кВт, $v = 2500$ мм/мин), обладают наибольшей остаточной прочностью по сравнению с образцами, полученными всеми исследуемыми способами, в том числе после выдержки при -50 °С (60 и 120 ч).

Наименьшими значениями прочностных показателей обладают образцы, полученные гидроабразивной резкой высокоскоростной струей жидкости с частицами абразива со скоростью 840 м/с. После выдержки при -50 °С образцы разрушились, не выдержав полного числа циклов нагружения.

Таким образом, при выборе способа и режимов обработки необходимо учитывать не только технико-экономическую эффективность их применения, но также влияние различных эксплуатационных факторов на прочностные характеристики композитных изделий.

Материал подготовлен в рамках научных исследований по проекту № FFSM-2020-0011 (2019-1342), экспериментальные исследования проведены с использованием оборудования центра коллективного пользования МАДИ.

УДК 620.179.14

О НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ УНИВЕРСАЛЬНОЙ МЕТОДИКИ МАГНИТОГРАФИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ОБЪЕКТОВ

В. Г. ПАНТЮШИНА

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

Метод магнитографического контроля характеризуется высокой производительностью и экономичностью, низкими требованиями к состоянию контролируемой поверхности. Эффективность метода значительно возросла после разработки технических решений, которые позволили значительно повысить чувствительность, разрешающую способность и селективность благодаря резкому увеличению магнитной индукции в контролируемых сечениях объекта, ориентации полей дефектов в нужном направлении и отстройки от помех. Для реализации способов разработаны высокопроизводительные и простые в исполнении намагничивающие устройства, а для метрологического обеспечения средств контроля – контрольные образцы, учитывающие наличие полного проплавления свариваемых деталей, влияние расстояния от плоскости симметрии шва до дефекта, а также все многообразие выпуклостей сварных швов в пределах стандарта. Созданные технические решения учитывают не только конструктивно-технологические особенности объектов контроля, но и вид, тип, ориентацию дефектов в нем. В сварном соединении определены области, в которых дефекты обнаруживаются однозначно и неоднозначно. Предложен ряд способов отстройки от помех. К сожалению, разработанные способы и средства до настоящего времени не нашли отражения в нормативных документах по магнитному неразрушающему контролю, поэтому чувствительность и разрешающая способность магнитного контроля, достигаемые операторами-дефектоскопистами, которые руководствуются этими документами, бывают не всегда высокими, а иногда возможен пропуск недопустимых дефектов в ответственных металлоконструкциях. Следует отметить, что анализ ряда разработанных технических решений требует знаний в области физики магнитных явлений, т. к. многие из них имеют специфику, а некоторые и ноу-хау, поэтому требуют тщательного изучения специалистами для определения области применения. Информация о разработанных технических решениях требует систематизации и обобщения для реализации применительно к конкретным объектам и условиям контроля, разработки универсальной методики магнитографического контроля объектов.

УДК 620.179.162

ВЫЯВЛЕНИЕ И ИДЕНТИФИКАЦИЯ ДЕФЕКТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В АКУСТИЧЕСКОМ КОНТРОЛЕ

Д. О. ДОЛМАТОВ

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Томск, Россия

Современное промышленное производство предъявляет повышенные требования к производительности и достоверности применяемых методов контроля качества материалов и изделий. Акустический неразрушающий контроль, который широко применяется для контроля качества материалов и изделий [1], здесь не является исключением.

В этой связи большой научный интерес представляет использование искусственных нейронных сетей. В акустическом неразрушающем контроле их использование рассматривается для решения следующих задач:

- обработка данных акустического контроля;
- выявление дефектов;
- определение параметров выявленных дефектов;
- определение свойств объекта по результатам его исследований акустическими методами [2].

В работе рассмотрено применение искусственных нейронных сетей для решения задач выявления дефектов и определения их параметров в акустическом неразрушающем контроле. В данном случае применение подобного подхода способно обеспечить поддержку дефектоскописту при принятии решений, снизить влияние человеческого фактора, приблизить решение задачи создания экспертных систем в акустическом контроле. При этом задача определения характеристик дефектов включает два вопроса: определение параметров дефектов (размер, ориентация и т. д.) и идентификацию выявленных дефектов.

Исследование выполнено за счет гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук и докторов наук (проект № МК-1679.2022.4).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ультразвуковой контроль: учебное пособие / Н. П. Алешин [и др.]; под общ. ред. В. В. Клюева. – Москва: Спектр, 2011.
2. Cantero-Chinchilla, S. Deep learning in automated ultrasonic NDE – developments, axioms and opportunities / S. Cantero-Chinchilla, P. D. Wilcox, A. J. Croxford // NDT & E International. – 2022. – Article Number 102703.

УДК 685.34.082

КОМПОЗИТЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ ОБУВНЫХ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

К. О. БУЖИНСКАЯ, М. В. ШЕВЦОВА

Научный руководитель А. Н. БУРКИН, д-р техн. наук, проф.
Витебский государственный технологический университет
Витебск, Беларусь

Применение на обувных предприятиях термопластичных материалов (далее – ТПМ) для производства задников и подносков обуви приводит к образованию большого количества перерабатываемых отходов, которые складываются с последующим захоронением на полигонах, увеличивая экологическую нагрузку на окружающую среду и финансовые затраты предприятий на их утилизацию. В связи с изложенным выше цель работы – разработать технологическую схему переработки термопластичных отходов подносков и задников в композиционные материалы для деталей обуви.

Следует отметить, что ТПМ «Flexan 31/OP», «Emsan» и «FONESYALI» имеют высокий процент термостойкого покрытия, предположительно производятся по технологии «коэкструзии» (многослойная экструзия) из специальных термопластичных полимеров с термостойкими свойствами. ТПМ марки «Technorcan 120», «Biterm 330», «Termo 345», «Tenopren 120», «Biterm 327», «Tescno GI» по структуре являются композиционными материалами, выполненными путем пропитки нетканого материала специальными латексами и покрытых термостойким полимером с одной или двух сторон.

На основе анализа технологий производства композиционных материалов и изделий из вторичного сырья, разработанных сотрудниками УО «ВГТУ», предлагаются технологические схемы получения композитов в двух вариантах исполнения:

- первая схема: размол отходов термопластичных материалов для задников и подносков до состояния порошка → нанесение порошка из отходов ТПМ на волокнистые нетканые основы → предварительное расплавление порошка до температуры размягчения → прессование;
- вторая схема: размол отходов термопластичных материалов до состояния порошка → пропитывание волокнистых основ полимерными композициями → нанесение порошка из отходов ТПМ на волокнистые нетканые основы → предварительное расплавление порошка до температуры размягчения → прессование.

Таким образом, научная значимость результатов исследования заключается в теоретическом обосновании возможности использования отходов ТПМ с целью получения композиционных материалов, практическая – в разработке технологической схемы получения композиционных материалов в лабораторных условиях.

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НИЗКОЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ

С. М. ВЕТРОВА, А. С. БАРЧУКОВА

Научный руководитель С. М. ГАЙДАР, д-р техн. наук, проф.
Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К. А. Тимирязева
Москва, Россия

В настоящее время в сельском хозяйстве для обработки почвы применяется большое количество почвообрабатывающих рабочих органов – культиваторы, рыхлители, бороны и другие, среди которых широко используемыми являются лапы культиваторов. При эксплуатации лапы культиваторов вследствие прямого воздействия абразивных частиц почвы интенсивно изнашиваются, что отрицательно сказывается на качестве выполнения работ. Основной причиной их износа является недостаточная прочность металла.

Анализ конструктивных материалов, используемых для изготовления рабочих органов почвообрабатывающих машин, свидетельствует о применении недорогих марок сталей, а также использовании традиционных методов термической обработки (закалка + отпуск). Твердость поверхности изделий составляет 35...48 HRC, прочность не превышает 900...1200 МПа, ударная вязкость составляет 0,2...0,6 МДж/м².

В работе исследованы механические свойства новой низколегированной стали 0,25C-1,6Si-1,47Mn-0,51Cr-0,27Mo после термической обработки, включающей закалку при 900 °С, и отпуск при температурах 200 °С; 280 °С; 400 °С и 500 °С. Испытания на растяжение проводились с помощью универсальной разрывной машины Time WDW-РЭ по ГОСТ 1497–84. Динамические испытания на ударную вязкость проводились на маятниковом копре JB-300В по ГОСТ 9454–78 с использованием образцов типа 11 Шарпи. Испытания на твердость по методу Роквелла проводились в соответствии с требованиями ГОСТ 9013–59.

По результатам испытаний наибольшее значение предела прочности достигается после закалки при 900 °С и составляет 1740 МПа. Дальнейший отпуск закаленной стали при температурах до 500 °С приводит к монотонному снижению прочностных характеристик. После отпуска при температуре 500 °С предел прочности стали снижается приблизительно на 30 % и составляет 1180 МПа. При этом отпуск приводит к незначительному повышению пластичности стали с 8,8 % до 9,4 %. Отпуск при температурах 280 °С и 400 °С на пластичность стали значимого влияния не оказывает, а отпуск при температуре 200 °С приводит к снижению пластичности на 1 %. Увеличение температуры отпуска стали приводит к снижению твердости. Наименьшие значения твердости наблюдаются после отпуска при температуре 500 °С и составляют 38,7 HRC, что в среднем на 25 % ниже, чем в состоянии после закалки в воду при 900 °С.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ, программа Мегагрант, соглашение № 075-15-2021-572.

МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ГАЗОГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В РАМКАХ ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ

А. И. ГОРБУНОВ, Н. А. ГОРБУНОВА

Научный руководитель И. О. КОПЫТНЕКОВА, д-р мед. наук, проф.
Петербургский государственный университет путей
сообщения Императора Александра I
Санкт-Петербург, Россия

Газогеохимические исследования включены в состав инженерно-экологических изысканий и проводятся при выявлении в толще насыпных грунтов наличия строительного, промышленного, бытового мусора. Основанием для определения наличия взрывоопасных газов, выделяемых при разложении мусора, является мощность загрязненного слоя 2,0...2,5 м (п. 61 СП 11-102–97).

Основными компонентами биогаза являются метан, двуокись углерода, примеси – окислы азота, аммиак, угарный газ, сероводород, водород. Скопление биогаза в помещениях, зданиях, толщах грунтов может создавать риск возникновения взрыво- и пожароопасной ситуации.

Для проведения газогеохимических исследований и интерпретации полученных результатов разработана краткая методика оценки накопления биогаза в грунтовом воздухе.

В работе использованы газоанализаторы ГАНК-4, метеоскоп-М.

Условия проведения работ:

- средства измерений, применяемые в инженерных изысканиях, подлежат государственному метрологическому контролю и надзору;
- климатические условия в месте выполнения работ должны соответствовать условиям эксплуатации применяемых средств измерений;
- обследование не проводят во время выпадения атмосферных осадков и в течение трех часов после их окончания.

Условия проведения измерений методом шпуровой съемки:

- при проведении работ в каждой контрольной точке разрабатывают шпур глубиной 0,8...1,0 м;
- шпур тампонируется специальным закрывающим устройством с установленными штуцерами для подключения газоанализаторов;
- измерения содержания определяемых параметров проводят через каждые 5 мин до установления постоянных значений (в пределах погрешности средства измерений), что свидетельствует о наступлении равновесия в воздушной среде шпура и грунтового воздуха.

Камеральная обработка. На основании уравнения Менделеева – Клапейрона ($PV = nRT$) с учетом погодных условий произведен пересчет концентраций газов из мг/м³ в об. % для проведения оценки в соответствии с требованиями СП 11-102–97.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЦВЕТОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕКТОВ

В. Р. ГАФУРОВ

Научный руководитель В. Л. ЖБАНОВА, канд. техн. наук, доц.
Филиал «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Смоленске
Смоленск, Россия

На сегодняшний день на рынке отсутствуют приборы, которые могут полностью удовлетворить требования, связанные с измерением цветовых параметров объектов сложной формы, включающих разные цвета и неоднородность структуры поверхности. В работе представлено усовершенствование разработанного ранее устройства для измерения цветовых параметров объектов (рис. 1) [1].

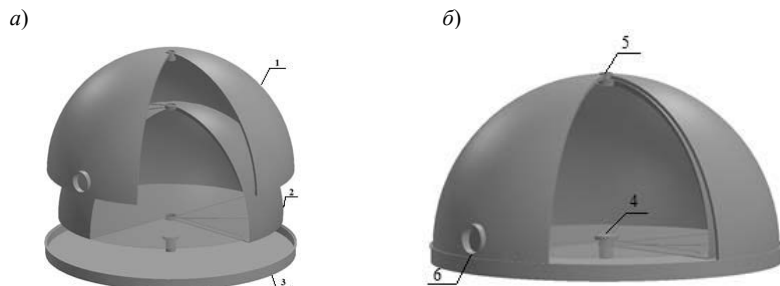


Рис. 1. 3D-модель коробки в разобранном (а) и в собранном (б) видах

По результатам исследования сформулированы рекомендации: во-первых, использовать полусферическую форму бокса в сочетании с диффузно-отражающим (2) и поглощающим (3) покрытиями на внутренних стенках (такая конфигурация обеспечит равномерное освещение объекта без возникновения бликов и засветок, а также предотвратит цветовые помехи за счет поглощения излишнего света); во-вторых, использовать небольшой экран с диффузно-отражающим покрытием для регистрации цветовых параметров прозрачных объектов, а молочное стекло – для регистрации цветовых характеристик излучающих, а также полупрозрачных и отражающих объектов. Таким образом, предложенные конструктивные изменения в устройстве для измерения и анализа цветовых характеристик объектов могут значительно повысить точность и качество измерений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жбанова, В. Л. Структура фотоколориметра / В. Л. Жбанова, В. Р. Гафуров // Энергетика, информатика, инновации – 2021: сб. тр. XI Нац. науч.-техн. конф. с междунар. участием: в 2 т. – Смоленск, 2022. – Т. 1. – С. 424–427.

КИНЕТИКА ОБРАЗОВАНИЯ ГРАНУЛ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ В БАРАБАННЫХ ГРАНУЛЯТОРАХ

Н. А. ВЫСОЦКАЯ

Научный руководитель В. С. ФРАНЦКЕВИЧ, канд. техн. наук, доц.
ЗАО «Солигорский Институт проблем ресурсосбережения
с Опытным производством»
Солигорск, Беларусь

Во многих отраслях промышленности и в сельском хозяйстве часто используются гранулированные материалы.

Кинетика образования гранул – это изменение гранулометрического состава продукта грануляции во времени.

Диаметр гранул определяется по формуле

$$d = d_0 \sqrt[3]{1 + \frac{\sigma' \rho'}{\mu \sigma \rho}}, \quad (1)$$

где d_0 – диаметр частиц в начале гранулирования; σ' – объемная доля твердого вещества в зародыше; ρ' – плотность материала зародыша; μ – отношение масс зародышей и слоя; σ – объемная доля твердого вещества в слое; ρ – плотность частицы.

Основное уравнение кинетики гранулирования

$$\frac{dn_i(\tau)}{d\tau} = \frac{-k\beta(\tau)n_i(\tau)}{N(\tau)} \sum_{j=1}^{\infty} n_j(\tau) + \frac{k\beta(\tau)}{2N(\tau)} \sum_{j=1}^{i-1} n_j(\tau)n_{i-j}(\tau),$$

где $\frac{k\beta(\tau)}{2}$ – функция скорости агломерации; $\beta(\tau)$ – функция интенсивности столкновений, порозности и зародышей, их размера, способности к пластичности и деформации; $n_i(\tau)$, $n_j(\tau)$ – число зародышей определенного размера, имеющих объем V_i и V_j ; $N(\tau)$ – полное число зародышей в системе на время τ .

Математическая модель роста частиц при гранулировании методом окатывания определяется выражением

$$d_n \partial(d_n) = \frac{2R\omega}{\pi} \gamma \partial(\tau), \quad (2)$$

где R – радиус барабана; ω – угловая скорость вращения барабана; γ – толщина налиппшей пленки.

При расчёте процесса гранулирования и конструктивных размеров грануляторов немаловажным является учитывать кинетику образования гранул, физико-химические и реологические свойства исходных веществ, а также знать закон роста и кинетические постоянные, входящие в выражения расчета.

УДК 666(651+652)

ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ
НА ОСНОВЕ КУПРАТОВ МЕТАЛЛОВ (II, IV)

Н. Н. ГУНДИЛОВИЧ, А. В. БУКА

Научный руководитель Е. М. ДЯТЛОВА, канд. техн. наук, доц.
Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

Керамические материалы на основе купратов металлов и их твердых растворов находят широкое применение для систем передачи энергии, катодов твердооксидных топливных элементов, химических сенсоров газов и катализаторов. Особое внимание исследователей к купратам металлов обусловлено их способностью проявлять высокотемпературную сверхпроводимость, что позволяет использовать материалы на их основе для создания сверхпроводящих магнитов, соленоидов магнитных ускорителей, сверхпроводящих силовых кабелей, сканеров в медицине, электромагнитных устройств нагрева в металлообработке.

Физико-химические и, в частности электрофизические, свойства керамических материалов на основе купратов металлов являются структурно-чувствительными, поэтому в значительной степени зависят от особенностей строения кристаллической решетки.

В работе получены керамические материалы на основе купратов кальция, магния, бария, марганца (IV) и титана, изучены их физико-химические и электрофизические свойства, фазовый состав и структура.

В качестве сырьевых материалов использованы CuO, CaO, MgO, MnO₂, BaO и TiO₂ квалификации «ч. д. а.». Синтез материалов осуществлялся по двухстадийной технологии, включающей смешивание и совместный сухой помол исходных компонентов, обжиг сырьевой смеси при температуре 950 °С, тонкий помол образующегося спека, полусухое формование опытных образцов при давлении 20 МПа и их обжиг при 950 °С...1050 °С с выдержкой при максимальной температуре в течение 1 ч.

Общая усадка полученных образцов составила 7,9 %...8,3 %, водопоглощение – 950 °С...1050 °С – 12,62 %...16,89 %; кажущаяся плотность 3040...3207 кг/м³; открытая пористость – 24,28 %...36,52 %; удельное объемное электрическое сопротивление в интервале температур 20 °С...350 °С – (0,001...0,2) · 10⁶ Ом·м, диэлектрическая проницаемость – 10...500, тангенс угла диэлектрических потерь – (70...5500) · 10⁻⁴.

Практическая значимость результатов работы заключается в разработке составов сырьевых композиций и способов получения новых функциональных керамических материалов на основе купратов металлов (II, IV), которые могут быть использованы для создания различных компонентов и устройств электронной техники.

УДК 66.097.3

УТИЛИЗАЦИЯ ОТРАБОТАВШИХ ВАНАДИЕВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ
С ПОЛУЧЕНИЕМ ВАНАДИЯ

М. А. ГАВВА, Н. Е. КРУЧЕНИНА

Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева
Москва, Россия

Производство серной кислоты – одна из важнейших отраслей химической промышленности. Неотъемлемым атрибутом производства серной кислоты является катализатор на основе пентаоксида ванадия, используемый для окисления SO₂ до SO₃. Образующиеся отработавшие ванадиевые катализаторы (далее – ОВК) приобретают статус отхода и направляются на переработку или размещение на специализированных полигонах.

Сообщается, что содержание соединений ванадия в ОВК может достигать 5,6 %...7,0 % [1]. Поскольку ванадий относится к редкоземельным металлам [2], непосредственная добыча его из руды осложнена, отходы ОВК представляют собой ценный ресурс для получения соединений ванадия.

Для проведенного эксперимента был выбран ОВК Красноярского производства. Извлечение соединений ванадия из ОВК проводили водой в течение 2,5 ч. В коническую колбу помещали 50 мл воды и вносили заданную навеску катализатора. Смесь перемешивали при нагревании (100 °С) с обратным холодильником. Определение содержания ванадия проводили фотометрически с использованием вольфрамата натрия в соответствии с ГОСТ 14657.13–96. Методы определения оксида ванадия (V) по ИСО 9208–89. Результаты эксперимента представлены в табл. 1.

Табл. 1. Эффективность извлечения ванадия из ОВК водой

Время, ч	0,5	1	1,5	2	2,5
Эффективность, %	38	46,8	47,6	57,2	57,7

Из представленных в таблице данных следует, что при использовании в качестве выщелачивающего реагента воды эффективность извлечения соединений ванадия достигает 46 % уже через 1 ч от начала эксперимента. Увеличение времени процесса выщелачивания до двух часов ведет к доизвлечению еще 10 % ванадия в раствор, а продолжение процесса становится нецелесообразным. Возможность извлечения ванадия водой обусловлена, вероятно, переходом части катализатора в форму водорастворимых соединений ванадия (IV).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кравченко, К. Н. Метод регенерации отработанного ванадиевого катализатора / К. Н. Кравченко. – Кемерово, 2018. – 10 с.
2. Химия и технология редких и рассеянных элементов: учебное пособие: в 3 ч. / П. С. Киндяков [и др.]; под ред. К. А. Большакова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Высшая школа, 1976. – Ч. 3. – 320 с.

Е. А. БУРЫКИН

Научный руководитель Л. В. КОНЧИНА, канд. физ.-мат. наук, доц.
 Филиал «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Смоленске
 Смоленск, Россия

Молекулярная масса является важным параметром для характеристики натурального каучука, т. к. от неё зависят динамические свойства и реологическое поведение эластомеров. В настоящее время для определения молекулярной массы эластомеров используются методы гель-проникающей хроматографии или ядерного магнитного резонанса [1]. Эти методы обеспечивают высокую точность измерения, но также довольно сложны и требуют большого количества времени. Более простой и быстрой альтернативой оценки молекулярной массы может стать метод, основанный на определении модуля упругости каучука.

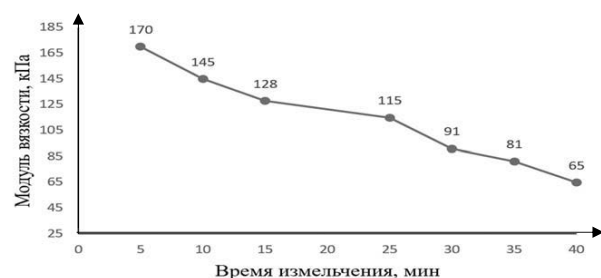


Рис. 1. Зависимость модуля упругости каучука от времени измельчения

Так как распределение молекулярных масс уменьшается с увеличением дисперсности эластомера, то из зависимости, представленной на рис. 1, можно предположить, что молекулярная масса и модуль упругости также имеют корреляционную зависимость. Под воздействием внешних сил внутреннее трение молекул, степень которого характеризует модуль упругости, вызывает ориентацию молекулярных цепей [1]. Молекулам с высокой молекулярной массой, имеющих повышенный коэффициент внутреннего трения, необходимо больше времени для молекулярной ориентации, следовательно модуль упругости такой системы возрастает.

Таким образом, в работе описана взаимосвязь между реологическими свойствами и молекулярными параметрами каучука, которая может послужить созданию удобного и быстрого метода определения качества эластомера.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Dick, J. S. Ways to Improve Test Productivity and Reduce Testing Costs / J. S. Dick. — Rubber Division, 2004. — P. 89.

В. В. ЕГОРОВА¹, Ю. Ю. ПЕТРОВА¹

Научный руководитель Е. В. ФРАНЦИНА², канд. техн. наук, доц.

¹Сургутский государственный университет

Сургут, Россия

²Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Томск, Россия

Накопление остатков нефтяной промышленности, слабо подверженных биоразложению, приводит к проблеме повышенных экологических рисков, в связи с чем актуальной становится задача поиска рационального способа утилизации нефтяных отходов с целью минимизации техногенного воздействия на окружающую среду. Одним из перспективных способов переработки нефтяных отходов является плазменная обработка под действием дугового разряда. Отходы нефтяной промышленности в таких условиях перерабатываются в полезные материалы: технический углерод, графен, наноразмерные материалы, карбиды и др.

Цель работы — исследование процесса переработки асфальтенов, выделенных из тяжелой нефти в плазме дугового разряда постоянного тока с добавлением различных металлов.

Объектом исследования в работе стали асфальтены, выделенные из тяжелой нефти. Переработку асфальтенов проводили с добавлением металлов Ni, Fe и Cr (10 масс. %) в плазменном реакторе открытого типа, сила воздействия на образец 100 А в течение 30 с.

По итогам эксперимента установили, что при переработки асфальтенов в электродуговом реакторе происходят процессы деструкции и гранитизации. Полученный углеродный материал характеризуется высокой термической стойкостью, поскольку потери при термогравиметрическом анализе составили менее 6,2 масс. %. Наиболее термически устойчивым оказался углеродный материал, полученный при переработке асфальтенов с добавлением 10 масс. % никеля (потери масс — 1,69 масс. %), что возможно связано с прочностью связи C–Ni. Плазменная переработка асфальтенов с добавками металлов приводит к их концентрированию в образующемся углеродном материале, что предположительно приводит к образованию карбидных соединений.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 22-13-20016) в Сургутском государственном университете и Национальном исследовательском Томском политехническом университете.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОЛУЧЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

А. Д. ЕСИПОВА

Научный руководитель Р. С. МИХЕЕВ, д-р техн. наук, проф.

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

Функциональные покрытия, наносимые на стальную подложку, формируют сталеалюминиевые композиции, нашедшие широкое применение во многих отраслях промышленности. Сталеалюминиевые композиционные покрытия представляют возможность замены конструкционных листовых заготовок, поставляемых в плакированном состоянии, на трибопокрытия на стали, которые значительно дешевле, а также характеризуются повышенными пластичностью и механическими свойствами. На сегодняшний день ограничение применения подобных конструкционных материалов связано с образованием на границе раздела «сталь – алюминий» интерметаллидной системы Fe_xAl_y разной стехиометрии [1]. Однако для того чтобы замедлить и даже практически предотвратить рост слоя, состоящего из хрупких интерметаллидов системы $Fe-Al$, отрицательно влияющих на адгезионную прочность сталеалюминиевых композиций, применим метод фрикционного нанесения, который характеризуется ограниченным диффузионным взаимодействием на границе раздела «подложка – наплавленный слой». Согласно результатам собственных исследований, а также литературным данным, толщина подобного интерметаллидного слоя в случае применения процесса фрикционного нанесения не превышает 2...3 мкм [2].

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 22-29-00366, <https://rscf.ru/project/22-29-00366/>).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Слепов, Д. В. Исследование областей устойчивости вращающихся стержневых заготовок в процессе фрикционной наплавки при изготовлении сталеалюминиевых функционально-градиентных слоистых композиций / Д. В. Слепов, Р. С. Михеев // Будущее машиностроения России: сб. докл. 14 Всерос. конф. молодых ученых и специалистов (с междунар. участием), Москва, 21–24 сент. 2021 г.: в 2 т. – Москва: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2021. – Т. 1. – С. 141–145.
2. Mikheev, R. S. Application of the friction surfacing process for the production of functional gradient layered composition / R. S. Mikheev // Journal of Physics: Conference Series. – 2021. – Vol. 1990. – P. 012036–012041.

ПОЛОСОВОЙ ФИЛЬТР С МАЛЫМИ ИСКАЖЕНИЯМИ СПЕКТРА СИГНАЛА

А. Г. ХМЕЛЬНИК, С. Н. ВЫРКО, А. Л. ТРОФИМЕНКОВ

Научный руководитель П. В. БОЙКАЧЕВ, канд. техн. наук, доц.

Военная академия Республики Беларусь
Минск, Беларусь

В современных радиолокационных системах высокие требования предъявляются к избирательности входных трактов радиоприемных устройств. Высокий уровень помех способен подавить сигнал до тракта обработки. Вместе с тем, элементы входных трактов должны внести минимальные искажения амплитудного и фазового спектров сигнала. Для обеспечения этих противоречивых требований в последние годы стали применять фильтры с модифицированными функциями передачи. Суть модификаций сводится к введению нулей передачи в классические аппроксимирующие функции (АФ). Предлагается новый вариант модификации АФ. Аналитическое выражение для прототипа АФ передачи имеет следующий вид:

$$K_p(\omega) = \frac{K}{1 + \varepsilon^2(\omega_0^2 - 1)^2 \cdot \frac{\Psi(\omega)}{(\omega_0^2 - \omega^2)^2}}, \quad (1)$$

где ω_0 – частота, на которой функция передачи имеет нулевое значение; $\Psi(\omega)$ – полином классической АФ; ε – коэффициент неравномерности частотной характеристики (ЧХ).

На рис. 1 приведены амплитудная характеристика (АХ) фильтра и групповое время запаздывания фильтра, определяемые прототипом (1) с классической АФ Чебышева третьего порядка (непрерывная линия). Для сравнения приведены ЧХ полиномиального (штрихпунктирная линия) и модифицированного фильтра Чебышева того же порядка (штриховая линия).

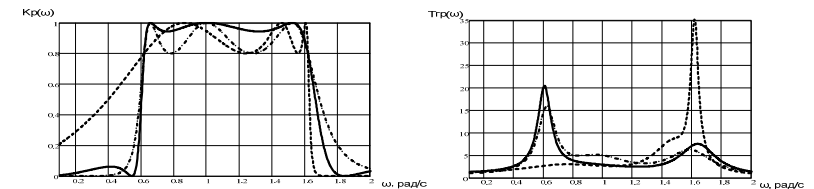


Рис. 1. АХ фильтра и групповое время запаздывания

Из сравнения характеристик фильтров можно заметить, что ЧХ фильтра является симметричной и имеет более высокую избирательность в сравнении с полиномиальным фильтром Чебышева. Кроме того, она обладает меньшей неравномерностью ЧХ в полосе пропускания. Таким образом, предложенный фильтр обладает рядом преимуществ, которые делают его более предпочтительным по сравнению с классическим АФ.

ОСОБЕННОСТИ СИНТЕЗА РЕГУЛЯТОРА ПОЛОЖЕНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОМ

В. В. ФЕДОТОВ

Научный руководитель В. В. РОЖКОВ, канд. техн. наук, доц.
 Филиал «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Смоленске
 Смоленск, Россия

Синтез регулятора положения (РП) для прецизионных систем автоматического управления (САУ) весьма специфичен. Для таких САУ (как правило, трехконтурных) настройки на стандартные оптимумы часто не способны обеспечить необходимые требования к точности отработки заданной траектории или позиционирования. Разработаны различные методики синтеза РП, например, [1]. Наибольшую эффективность, как показывает анализ, прецизионная САУ демонстрирует при адаптивном характере РП в функции рабочих параметров. Так, в [1] настройка РП производится в зависимости от величины требуемого перемещения. Это, в свою очередь, влияет на поведение РП и других регуляторов, входящих в САУ. Однако строгой, последовательной и эффективной методики синтеза РП для прецизионных САУ до сих пор нет, и ее создание актуально и востребовано. Для анализа САУ степени подвижности робота разработана интерактивная модель прецизионной системы с силовой схемой «Широтно-импульсный регулятор – двигатель постоянного тока независимого возбуждения» (ШИП – ДПТ НВ). В качестве объекта управления взят ДПТ ПЯ 250Ф мощности 250 Вт. Верхний уровень модели представлен на рис. 1.



Рис. 1. Верхний уровень модели прецизионной САУ

Проведены опыты с заданием положения – скачком линейно-нарастающим, синусоидой. Разработанная САУ показывает точность отработки задания в $4 \cdot 10^{-5}$ рад как в режимах позиционирования, так и режиме слежения.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-61-00096, <https://rscf.ru/project/22-61-00096/>.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Фомин, Н. В.** Системы управления электроприводами: учебное пособие / Н. В. Фомин. – Магнитогорск: Магнитогор. гос. техн. ун-т им. Г. И. Носова, 2014.

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА СУЛЬФАТА МАГНИЯ ИЗ ДИОПСИДА

А. Д. ЗАЙЦЕВА, А. А. ПИСАРЕВА

Научный руководитель **В. А. КУЧУМОВ**, канд. хим. наук
 Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева
 Москва, Россия

Вопросам производства минеральных удобрений посвящено значительное количество работ. Несмотря на значительный объем экспериментальных исследований и проверенных технологий, поиск новых сырьевых источников не прекращается и по сей день. Среди перспективных источников для производства магниевых удобрений можно выделить диопсид – минерал группы пироксенов (20 % по MgO). Интерес к диопсиду обусловлен наличием в его составе больших количеств скандия, широко востребованного материала, добыча которого дополнительно повышает рентабельность переработки диопсида.

В процессе сернокислотной переработки диопсида образуются значительные объемы сточных вод, загрязненных соединениями железа и алюминия с концентрациями металлов 20...50 мг/л.

Для очистки данных сточных вод предлагается проводить нейтрализационное осаждение с использованием в качестве щелочного реагента бруситсодержащего отхода (производство периклаза). Осаждение проводили введением различных навесок бруситсодержащего отхода (85 % по MgO) до достижения pH обрабатываемой воды 7,0...7,5. Пульпу фильтровали, а маточный раствор анализировали на остаточное содержание соединений алюминия и железа. Данные по эффективности удаления указанных выше металлов представлены на графике (рис. 1).

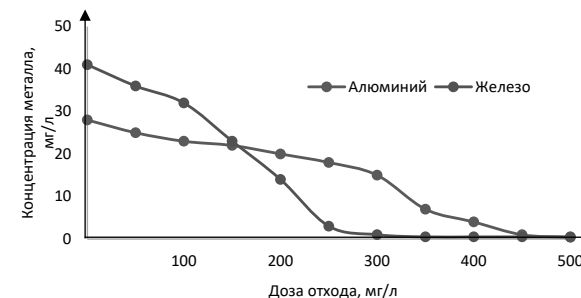


Рис. 1. Эффективность осаждения соединений алюминия и железа

Из данных графика хорошо видно, что применение в качестве осадителя бруситсодержащего отхода производства огнеупорных материалов позволяет с высокой эффективностью осаждать из раствора соединения алюминия и железа, при этом часть магния будет переходить в раствор, повышая тем самым выход целевого продукта – сульфата магния.

УДК 535-15:543.421/424

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АТОМНО-ЭМИССИОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ С МАГНИТНОЙ ПЛАЗМОЙ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАСТВОРОВ ПРОИЗВОДСТВА СУЛЬФАТА МАГНИЯ ИЗ ДИОПСИДА

А. Д. ЗАЙЦЕВА, А. А. ПИСАРЕВА

Научный руководитель В. А. КУЧУМОВ, канд. хим. наук
Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева
Москва, Россия

Вопросам идентификации состава технологических растворов процессов переработки неорганических продуктов посвящено достаточно много внимания. Традиционные методы атомно-эмиссионной спектроскопии с индукционно-связанной плазмой или масс-спектрометрией не могут быть использованы с высококонцентрированными растворами и требуют разбавления.

В качестве возможного варианта решения данной проблемы будет рассмотрен метод атомно-эмиссионной спектроскопии с магнитной плазмой, успешно апробированный в процессах контроля технологических растворов производства сульфата магния из диопсида. За счет изменения механизма образования плазмы (тороидальная плазма в магнитном поле) [1] происходит снижение ее температуры до 4500 °С, что приводит к упрощению спектральной картины (пример на рис. 1).

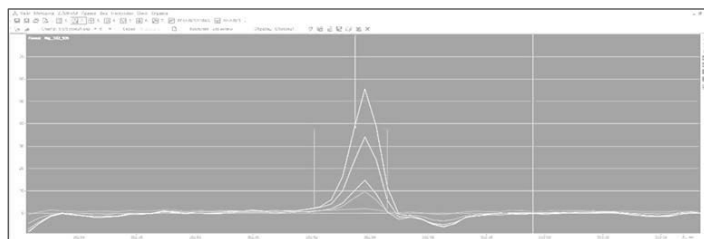


Рис. 1. Внешний вид спектра соединений магния

Понижение температуры плазмы позволяет отсеять атомные и ионные линии, присущие щелочным элементам. Помимо этого, снижение температуры процесса позволяет использовать газы классификации тех., что позволяет значительно снизить себестоимость анализа. Наиболее существенным преимуществом описываемого метода анализа является возможность работы с растворами с высоким солевым фоном (до 50 г/л по хлориду натрия и до 150 г/л по серной кислоте). Внешний вид спектра соединений железа для растворов с минерализацией 30 г/л представлен на рис. 1.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кучумов, В. А. Анализ химического состава исходного сплава при производстве постоянных магнитов из сплавов системы Sm–Co / В. А. Кучумов, С. С. Шумкин // Науч.-техн. ведомости СПбГПУ. – 2017. – Т. 23, № 1. – С. 219–225.

УДК 62-83

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЗИЦИОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С НЕЛИНЕЙНЫМ РЕГУЛЯТОРОМ ПОЛОЖЕНИЯ

В. В. ФЕДОТОВ

Научный руководитель В. В. РОЖКОВ, канд. техн. наук, доц.
Филиал «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Смоленске
Смоленск, Россия

Моделирование позиционных систем при высоких требованиях к точности позиционирования/слежения является отдельной исследовательской задачей с целью корректировок настроек регуляторов. Пример методики синтеза регулятора положения (РП) в зависимости от величины перемещения приведен в [1, 2]. Типы перемещения определяются здесь не по их величинам, а по состоянию регуляторов. В случае, если все регуляторы не находятся в насыщении, то перемещения трактуются как малые. Когда в насыщение входит только регулятор скорости (РС), то – средние. Если в насыщении находится выход и РП, и РС, то перемещения – большие. Недостаток такой методики – невозможность прямого применения для прецизионных систем. Ранжирование перемещений по насыщениям регуляторов носит нестрогий и абстрактный характер, в связи с чем требуется количественная оценка этих диапазонов. Так, для двигателя постоянного тока типа ПЯ 250Ф в результате анализа получена результирующая структура модели позиционной системы (рис. 1).

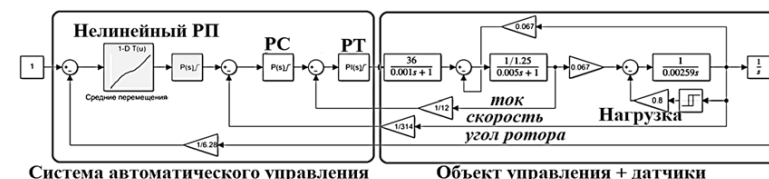


Рис. 1. Структура модели трехконтурной позиционной системы

В работе демонстрируется на конкретном примере, что синтезированный РП без последующей адаптивной корректировки коэффициентов показывает приемлемые показатели точности отработки углов (с погрешностью до десятитысячных радиана) лишь для заданных малых и средних перемещений.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-61-00096, <https://rscf.ru/project/22-61-00096/>.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фомин, Н. В. Системы управления электроприводами: учебное пособие / Н. В. Фомин. – Магнитогорск: Магнитогор. гос. техн. ун-т им. Г. И. Носова, 2014.
2. Турупалов, В. В. Методы анализа и синтеза цифровых систем автоматического управления: учебник / В. В. Турупалов, А. В. Хорхордин, О. С. Волуева. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. – 204 с.

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ МОДЕЛИ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ С УЧЕТОМ ЕГО ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ

А. С. ТРЕТЬЯКОВ, Д. В. ШНИП

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

Для исследования электромагнитных процессов асинхронного электродвигателя обычно используется его электромагнитная модель. В обычных расчетах принимается, что параметры схемы замещения электродвигателя неизменны, но на самом деле это не так. Сопротивления обмоток статора и ротора прямо пропорциональны температуре их перегрева. Цель работы – разработка электромагнитной модели асинхронного электродвигателя с учетом зависимости параметров схемы замещения от температуры.

Для выполнения данного исследования был выбран общепромышленный асинхронный электродвигатель АИР100S4. Проанализированы особенности конструкции вышеуказанной электрической машины, энергетические параметры, способы эффективного отвода тепла из статора и ротора, переменный характер активных сопротивлений статора и ротора.

Произведен анализ существующих математических моделей асинхронных электродвигателей. В результате анализа существующих математических моделей потерь в асинхронном электродвигателе было принято решение использовать известные косвенные методы расчета потерь. Получена электромагнитная модель с учетом эффектов вытеснения тока в стержневой обмотке ротора при работе с высокими значениями скольжения, насыщения магнитопровода, потерь в стали.

На основании анализа тепловых потоков составлена полная схема замещения, представляющая собой систему однородных тел, связанных между собой тепловыми проводимостями. В связи с очень большим объемом вычислений и трудностью расчета тепловых проводимостей в такой системе была составлена упрощенная схема замещения, на основе которой составлен математический аппарат для расчета температур нагрева отдельных узлов рассматриваемого асинхронного электродвигателя.

На основе расчетов математического моделирования и экспериментов предложены эмпирические зависимости изменения вышеуказанных сопротивлений в функции изменения температур статора и ротора. Другими словами, эти зависимости представляют собой обратные связи по теплу, которые в реальном времени корректируют сопротивления при изменении температуры.

На основании этих зависимостей получена электромагнитная модель, учитывающая температуры активных сопротивлений статора и ротора в реальном режиме времени с их последующей корректировкой.

ОСОБЕННОСТИ СИНТЕЗА ИНТЕРМЕТАЛЛИДА Ti_2Ni

Л. Е. КАЛУГИН

Научный руководитель А. Ф. ДРЕСВЯННИКОВ, д-р хим. наук, проф.
Казанский национальный исследовательский технологический университет
Казань, Россия

В работе представлены результаты синтеза интерметаллида Ti_2Ni посредством формирования компактного образца (10 т/м^2) и вакуумного спекания (10^{-4} Па , 2 ч, $1000 \text{ }^\circ\text{C}$), предварительно полученного гальваническим замещением в водной среде, дисперсного прекурсора интерметаллида на основе титана и никеля со структурой «ядро-оболочка».

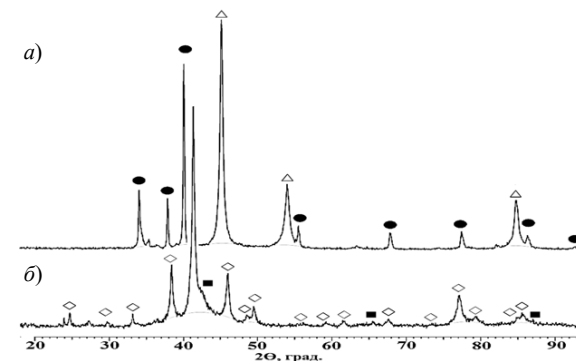


Рис. 1. Рентгеновские дифрактограммы (излучение $Co \text{ K}\alpha$; $\lambda = 1,79 \text{ \AA}$) системы $Ti-Ni$ до (а) и после (б) спекания. Условные обозначения: ● – Ti ; Δ – Ni ; ◇ – Ti_2Ni ; ■ – $TiNi$

Табл. 1. Результаты рентгенофазового анализа дисперсной системы $Ti-Ni$ до и после вакуумного спекания

Система $Ti-Ni$	Фазовый состав	wt, масс. %	ОКР, нм	Пространственная группа	Параметр элементарной ячейки	
					$a, \text{ \AA}$	$c, \text{ \AA}$
До спекания	$\alpha-Ti$	68,37	25,67	$P63/mmc$	2,95	4,68
	$\beta-Ni$	31,63	50,13	$Fm3m$	3,53	–
После спекания	Ti_2Ni	98,89	31,24	$Fd3m$	11,32	–
	$TiNi$	1,11	–	$Pm3m$	7,34	5,27

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания на оказание государственных услуг (выполнение работ) от 29.12.2022 г. № 075-01508-23-00. Тема исследования «Создание научных основ получения новых multifunctional материалов широкого спектра применения».

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

В. А. КЕМОВА, М. В. БАРЕЙША, Е. П. САМОЙЛОВ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В аддитивных технологиях в общем случае выделяют восемь основных этапов [1].

Этап 1. Проектирование изделия в среде САПР. Возможно применение практически любого программного обеспечения САПР для моделирования твердых тел или оборудования для 3D-сканирования, которое сможет описать его геометрическую форму и задать все размеры внешней поверхности изделия.

Этап 2. Преобразование чертежей в STL-файлы, описывающие внешние замкнутые поверхности изначальной САПР-модели и служащие основой для расчета количества и толщины слоев в готовом изделии. В настоящее время почти каждая САПР может выводить такие файлы в заданном формате.

Этап 3. Перенос STL-файла в устройство аддитивного производства (3D-принтер) и работа с ним. На этом этапе производятся некоторые дополнительные настройки в самом оборудовании и некоторые общие действия с файлом: исправление размеров изделия, позиционирование цифровой модели на рабочем столе, разделение на тонкие слои с помощью программы для преобразования трехмерной модели и преобразование в цифровой (G-code) код.

Этап 4. Настройка оборудования. Перед началом работы необходимо корректно настроить производственное оборудование: выбрать все параметры изготовления изделия, продолжительность, источник энергии, толщину слоя и т. п.

Этап 5. Непосредственно процесс изготовления изделия. Как правило, проходит автоматически. Участие оператора сводится к редкому контролю корректности работы оборудования.

Этап 6. Извлечение изделия. Производится вручную.

Этап 7. Последующая обработка. Удаление поддержек, заусенцев, при необходимости – шлифовка и очистка изделия, иная дополнительная обработка.

Этап 8. Непосредственное применение изделия. Некоторые изделия готовы к эксплуатации сразу после удаления поддержек и минимальной зачистки, некоторые нуждаются в грунтовке, покраске, нанесении определенной текстуры или рисунка.

В докладе рассмотрена и доказана применимость вышеуказанных этапов аддитивного производства в учебных и практических целях на оборудовании фирмы Formlabs.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Гибсон, Я.** Технологии аддитивного производства. Трехмерная печать, быстрое прототипирование и прямое цифровое производство / Я. Гибсон, Д. Розен, Б. Стакер. – Москва: Техносфера, 2016. – 656 с.

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ВЫБОРА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ
ПРИ РАЗРАБОТКЕ НОВОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ
ДЛЯ ПРОДУКЦИИ LLC «NOVUS INDUSTRY»

А. А. СИНЮКОВИЧ

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

Постоянное расширение и обновление ассортимента выпускаемой продукции определяет необходимость для обеспечения высокого качества продукции, создание специализированного оборудования для контроля качества продукции и использование беспилотных автоматизированных технологических процессов контроля качества продукции.

На промышленных предприятиях-резидентах Республики Беларусь и, в частности, промышленных предприятиях г. Могилева – LLC «NOVUS INDUSTRY» (резидент СЭЗ «Могилев»), постоянно происходит обновление основного вида продукции. LLC «NOVUS INDUSTRY» – один из крупнейших комплексов деревообрабатывающих и мебельных фабрик в Восточной Европе [1]. В производственной программе более 100 разных моделей мебели, в большинстве конструкций которых используются механизмы для перемещения подвижных элементов конструкции мебели (МПВЭКМ).

На базе электрооборудования «Производственное объединение «ОБЕН» (г. Москва) [2] LLC «NOVUS INDUSTRY» постоянно проводит разработки, изготовление и использование при производстве своей продукции нового испытательного оборудования, при этом используются практически все виды электрооборудования:

- контрольно-измерительные приборы;
- программируемые логические контроллеры;
- программное обеспечение, устройства связи: OwenCloud, SCADA-системы, OPC-серверы, конфигураторы, среда программирования CODESYS, программное обеспечение Owen Logic, драйверы и библиотеки «ОБЕН»;
- силовые и коммутационные устройства: преобразователи частоты и др.

В докладе представлены различные аспекты проектирования, изготовления и эксплуатации данного оборудования LLC «NOVUS INDUSTRY» на примере нового испытательного оборудования для МПВЭКМ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Леневский, Г. С.** Разработка нового испытательного оборудования для продукции LLC «NOVUS INDUSTRY» на электрооборудовании ПО «ОБЕН» / Г. С. Леневский, А. А. Синюкович, Д. В. Шнип // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2023. – № 3 (80). – С. 134–143.

2. Общество с ограниченной ответственностью «Производственное объединение «ОБЕН» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rusprofile.ru>. – Дата доступа: 13.08.2023.

ФОРМИРОВАНИЕ СКОРОСТНОЙ ДИАГРАММЫ ДВИЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОБУСА С УЧЕТОМ РЕЖИМОВ ЕГО РАБОТЫ В ГОРОДСКОМ ЦИКЛЕ

А. А. РАДКЕВИЧ

Научный руководитель С. А. ПАВЛЮКОВЕЦ, канд. техн. наук, доц.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Эксплуатация электробуса происходит в условиях движения в городском транспортном потоке, что, согласно классификации Международной ассоциации общественного транспорта, соответствует лёгкому городскому циклу езды в режиме SORT 2 (Standardized On-Road Test Cycle). Цикл SORT 2 (рис. 1) представляет пять участков зависимости скорости от времени: разгона до номинальной скорости (тяги) с номинальным магнитным потоком, разгона с ослаблением магнитного поля, выбега, торможения и остановка. На основе данного цикла и формируется скоростная диаграмма движения электробуса.

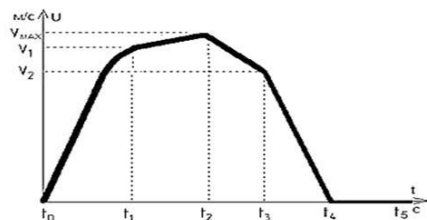


Рис. 1. Типовая диаграмма движения электробуса в городском цикле в режиме SORT 2

На участке t_0-t_1 происходит разгон при номинальном потоке сцепления $\Psi_{2НОМ}$ до номинальной скорости $v_{1НОМ}$. Далее на участке t_1-t_2 следует разгон с ослабленным магнитным полем. На участке t_2-t_3 происходит движение выбегом. На отрезке t_3-t_4 наблюдается торможение электробуса с рекуперацией. Участок t_4-t_5 является участком остановки электробуса. На участке выбега движение электробуса происходит по инерции за счет накопленной им кинетической энергии, а при движении под гору – и потенциальной энергии, расходуемой по мере преодоления сопротивления движению, включая потери на трение в трансмиссии и редукторе электробуса. На участке t_4-t_5 происходит торможение с рекуперацией энергии в сеть. Интенсивность торможения устанавливается водителем нажатием на педаль тормоза. На этом участке создается тормозное усилие B_T и под его действием осуществляется торможение вплоть до полной остановки. На последнем участке изображен период остановки электробуса, после чего цикл повторяется заново.

Сформированная скоростная диаграмма движения является основой для проектирования тягового электропривода электробуса.

МАГМАТИЧЕСКИЕ И ОСАДОЧНЫЕ ПОРОДЫ – ПЕРСПЕКТИВНОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СИЛИКАТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ю. А. КЛИМОШ, М. А. КУРИЛОВИЧ

Научный руководитель С. Е. БАРАНЦЕВА, канд. техн. наук, доц.
Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

Расширение минерально-сырьевой базы Республики Беларусь является актуальной задачей, поскольку является одним из критериев, способствующих импортозамещению и экологической безопасности территорий, прилегающих к горнодобывающим объектам. Полезные ископаемые Новодворского месторождения представлены основными – базальтовыми породами и попутными вскрышными – глауконитсодержащими песками, алевритами и алевролитами.

По химико-минеральному составу вышеуказанные породы являются ценным кремнийсодержащим сырьевым компонентом для получения ряда силикатных материалов различного назначения, а их применение позволит исключить или ограничить использование импортного сырья. Особенно ценным является практически полная аналогия химического и минерального состава, а также физико-химических свойств отечественных белорусских базальтов и базальтов Украины, которые в настоящее время не импортируются в Республику Беларусь.

Проведенные комплексные экспериментально-технологические исследования, включающие разработку составов сырьевых композиций, изготовление образцов и определение технологических и физико-химических свойств, позволили сформулировать научные основы регулируемого процесса получения ряда силикатных материалов и определить направления использования магматических и осадочных пород (рис. 1).



Рис. 1

Государственным предприятием «НПЦ по геологии» месторождение Новодворское Пинского района Брестской области оценено как рациональное и его промышленная разработка в настоящее время для Республики Беларусь является своевременной и актуальной, поскольку обеспечение страны необходимыми полезными ископаемыми, к которым относятся базальты и глауконитсодержащие породы, позволит решить важные задачи импортозамещения и производства отечественных материалов на их основе.

ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ С ДВУХФАЗНОЙ СХемой АРМИРОВАНИЯ

Е. А. КОСЕНКО

Московский автомобильно-дорожный государственный
технический университет (МАДИ)
Москва, Россия

В условиях расширения областей применения полимерных композиционных материалов (ПКМ) и растущих требований к их эксплуатационным и технологическим свойствам возникает необходимость принципиально нового подхода к построению структуры матриц композитов, основанного на опыте живой природы.

Разработка ПКМ с управляемой структурой, получаемой путем дополнительного армирования по заданным схемам материалом, формирующим в структуре композита самостоятельную жидкую фазу, позволяет реализовать механизм разрушения, подобный материалам живой природы (например, древесины). В качестве материалов жидкой фазы были выбраны диметакрилат триэтиленгликоль, силиконовый герметик и синтетический воск, т. к. эти материалы не вступают в химическое взаимодействие со связующим ПКМ.

Результаты комплекса проведенных испытаний по оценке прочностных характеристик углепластиков с двухфазной схемой армирования показали, что по сравнению с образцами без материала жидкой фазы использование в качестве материала жидкой фазы диметакрилат триэтиленгликоля в количестве до 5 масс. ч. позволяет повысить прочность при растяжении на ~8 %, ударную прочность на 32 %...35 %, в том числе после выдержки при -30°C и -50°C .

Использование силиконового герметика в качестве материала жидкой фазы (до 5 масс. ч.) приводит к снижению прочности при растяжении, однако при этом обеспечивается высокая стабильность данного показателя при переходе в область действия сверхнизких температур и повышение ударной прочности при комнатной температуре и при температуре -30°C на 18 % и 20 % соответственно.

Использование синтетического воска в качестве материала жидкой фазы приводит к существенному снижению прочностных характеристик, однако при его содержании более 10 масс. ч. ударная прочность повышается на 20 % при комнатной температуре, на 33 % и 8 % после выдержки при -30°C и -50°C .

Использование в качестве материала жидкой фазы диметакрилат триэтиленгликоля и силиконового герметика позволяет повысить усталостную прочность углепластиков при циклическом растяжении и изгибе.

По результатам оценки обобщенного показателя функции желательности Харрингтона наилучшим комплексом свойств обладают ПКМ, в которых в качестве материала жидкой фазы используется силиконовый герметик.

Материал подготовлен в рамках научных исследований по проекту № FSFM-2020-0011 (2019-1342), экспериментальные исследования проведены с использованием оборудования центра коллективного пользования МАДИ.

АППАРАТНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ ТЯГОВЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРОБУСА

А. А. РАДКЕВИЧ

Научный руководитель С. А. ПАВЛЮКОВЕЦ, канд. техн. наук, доц.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Постоянное развитие и усовершенствование систем электропривода современных электробусов неизбежно влечёт разработку систем управления, обеспечивающих выполнение всех этапов его работы: пуска электроснабжения, ввода и обработки сигналов датчиков, задания режима движения по сигналам от органов управления, расчёт регуляторов для реализации векторного управления моментом электропривода, формирование сигналов на силовой преобразователь и электродвигатель, формирующий скорость вращения колеса.

Аппаратную реализацию (рис. 1) описанного алгоритма целесообразно выполнить на основе микроконтроллера TMS320F28035, осуществляющего микропроцессорное управление автономным инвертором напряжения (АИН).

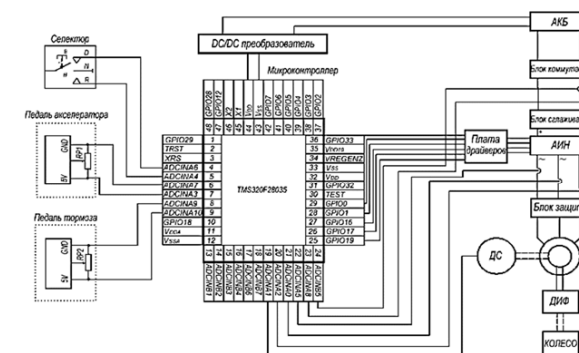


Рис. 1. Функциональная схема микропроцессорного управления электроприводом электробуса: АД – асинхронный электродвигатель; АКБ – аккумуляторные батареи; ДИФ – дифференциал; ДН, ДТ, ДС – датчики напряжения, тока, скорости; ПД – плата драйверов

Сформированные микроконтроллером импульсы требуемой скважности, поступающие на IGBT-модули, позволяют обеспечить частотное управление скоростью электропривода. На микроконтроллер подаются сигналы обратной связи от датчиков, используемые для расчёта регуляторов и осуществления векторного управления моментом электропривода. Управляющим воздействием являются сигналы задания педалей акселератора и тормоза, а также селектора. Построенная по такому принципу микропроцессорная система способна обеспечить работу электропривода для всех режимов движения электробуса.

УДК 621.375.512

ПРИМЕНЕНИЕ КОНЦЕПЦИИ МИНИМАЛЬНО ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ЦЕПЕЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СОГЛАСУЮЩИХ УСТРОЙСТВ

М. И. ПОЛЕЩУК, И. А. ДУБОВИК, С. Н. ВЫРКО, А. Г. ХМЕЛЬНИК

Научный руководитель П. В. БОЙКАЧЕВ, канд. техн. наук, доц.

Военная академия Республики Беларусь

Минск, Беларусь

Проектирование высокочастотных приемо-передающих трактов с оптимальными частотными характеристиками, несомненно, является одной из важнейших радиотехнических задач. В то же время следует отметить, что изменение условий эксплуатации приводит к изменению импеданса антенного устройства (АУ) и, соответственно, к изменению уровня передачи мощности (изменение энергетических характеристик) между приемо-передающими модулями (ППМ) и антенной. Таким образом, актуальной является задача разработки согласующих устройств (СУ), позволяющих решить задачу обеспечения оптимальной работы радиотехнических систем (РТС) в различных условиях их эксплуатации.

В качестве примера на рис. 1 представлены результаты синтеза широкополосного согласующего устройства (ШСУ) для антенны AD-44/CW-TA-30-512.

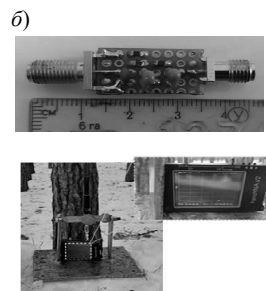
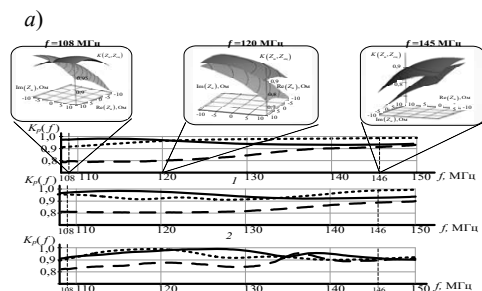


Рис. 1. Результаты проверки работоспособности синтезированной ШСУ для АУ AD-44/CW-TA-30-512: а – зависимость КПМ от частоты в лесном массиве (1), в помещении (2), около техники (3); б – условия проверки работоспособности разработанных ШСУ

Представленные результаты (см. рис. 1) показывают, что синтезированные ШСУ обеспечивают требуемый уровень КПМ при отклонении импеданса нагрузки в заданных пределах. Это позволяет уменьшать потери уровня КПМ и сохранять потенциально достижимые энергетические характеристики. Следовательно, применение концепции минимальной чувствительности цепей для проектирования широкополосных согласующих устройств позволяет сохранить потенциально достижимые энергетические характеристики РТУ.

УДК 628.31; 549.64

ТИТАНАТЫ ЖЕЛЕЗА КАК СЫРЬЕ ДЛЯ СИНТЕЗА КОМПЛЕКСНЫХ КОАГУЛЯНТОВ

Е. Н. КУЗИН

Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева

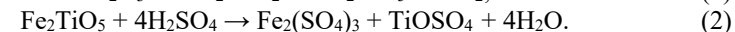
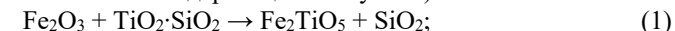
Москва, Россия

Ужесточение экологического законодательства и снижение качества воды поверхностных источников делает вопрос очистки сточных вод все более актуальным. Наиболее распространённым методом очистки сточных вод различных отраслей промышленности является коагуляция. Традиционные коагулянты на основе соединений алюминия и железа морально устарели, а им на смену приходят титансодержащие реагенты [1, 2]. Несмотря на высокую эффективность, титансодержащие реагенты достаточно дорогие, что существенно замедляет их внедрение в процессы промышленной водоочистки.

Необходимость использования стратегического сырья, такого как ильменит или рутиловые шлаки, также не позволяет получать относительно недорогие титановые реагенты. Наиболее перспективным сырьем для получения комплексных титансодержащих коагулянтов можно назвать красный шлам, однако трудности его переработки и очистки от примесей РЗЭ не позволяют получать недорогой и безопасный продукт.

В качестве альтернативного источника соединений титана для получения коагулянтов возможно использовать продукты пирометаллургической переработки кварц-лейкокенового концентрата (далее – КЛК). КЛК – крупнотоннажный титансодержащий отход процессов добычи сланцевой нефти, а значит, его стоимость минимальна.

Термообработка КЛК (1450 °С) в присутствии добавок Fe₂O₃ приводит к образованию химически активной фазы псевдобрукита (реакция (1)), которая легко сульфатизируется (реакция (2)) с образованием смеси сульфатов железа и титана (комплексный железо-титансодержащий коагулянт).



Предлагаемая методика совместной пиро- и гидрометаллургической переработки КЛК позволит не только снизить объемы размещаемых на хранение отходов, но и получать высокоэффективный реагент для процессов очистки сточных вод.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кручинина, Н. Е. Комплексные коагулянты в процессах очистки сточных вод с высоким содержанием нефтепродуктов / Н. Е. Кручинина, Е. Н. Кузин, С. В. Азопков // Техника и технология нефтехимического и нефтегазового производства: материалы VIII Международ. науч.-техн. конф. – Омск: ОмГТУ, 2018. – С. 209–210.
2. Кузин, Е. Н. Получение комплексных коагулянтов на основе крупнотоннажных отходов и продуктов крупнотоннажных отходов промышленных производств / Е. Н. Кузин, Н. Е. Кручинина // Цветные металлы. – 2021. – № 1. – С. 13–18.

УДК 629.7.023.222

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФОСФАТА ЦИНКА В КАЧЕСТВЕ НАПОЛНИТЕЛЯ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНИКИ

А. В. КУПРЯШОВ, С. В. ТЕЛЕГИН

Научный руководитель И. Я. ШЕСТАКОВ, д-р техн. наук, доц.
Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М. Ф. Решетнёва
Красноярск, Россия

Фосфат цинка имеет обширное применение в качестве наполнителя многофункциональных покрытий авиационной и ракетно-космической техники благодаря невысокой стоимости, высокому противокоррозионному действию, низкой токсичности, повышенным прочностным свойствам, улучшенной адгезии.

В [1] показано, что композиция, состоящая из синтетической кремнийорганической смолы, метилтрихлорсилана, диметилдихлорсилана, фенилтрихлорсилана, фосфата цинка, силиката алюминия, является высокотемпературным изоляционным покрытием, которое обладает высокими физико-механическими свойствами, повышенной термостойкостью (до 450 °С...500 °С) и хорошей теплоизоляционной способностью.

Известно защитное покрытие [2], наполнитель которого состоит из фосфата цинка, оксида железа и тетрафторида титана. Вследствие синергетического эффекта между компонентами наполнителя наблюдается эффект поглощения волн, которое способно выдерживать высокие рабочие температуры до 400 °С...450 °С, ослаблять мощность воздействия радиолокационных волн на 8...28 дБ в полосе частот радиолокационных волн 8...18 ГГц, при этом коэффициент отражения волн больше или равен 0,85. Покрытие имеет отличную износостойкость и кислотостойкость.

Существенное влияние на свойства наполнителя оказывает размер частиц фосфата цинка, поэтому широко распространены микронизированные фосфаты, которые позволяют снизить содержание их в композиции покрытия без потери функциональных характеристик.

Результаты исследования могут быть использованы при разработке новых составов и структур внешней защиты современных технических средств от внешнего негативного влияния.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wang, Z. S. Study on the Silicone Coating with Heat Insulation and Resistance / Z. S. Wang, Z. H. Zhen // Advanced Materials Research. – 2013. – Vol. 680. – P. 35–38.
2. Preparation method of anti-radar coating: pat. CN 109370321 / Y. Wang, Y. Xia. – Publ. date: 22.02.2019.

УДК 62-83

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОБУЧЕНИЯ СИСТЕМЫ ВИБРОДИАГНОСТИКИ СТАНОЧНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Р. Е. МАГИДОВ

Научный руководитель В. В. РОЖКОВ, канд. техн. наук, доц.
Филиал «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Смоленске
Смоленск, Россия

В настоящее время эксплуатируются разнообразные общепромышленные системы вибродиагностики (ВД). Однако в практике станочного электропривода отсутствуют эффективные системы ВД, входящие в состав шпиндельного узла (ШУ). В связи с этим усовершенствование систем ВД является актуальной задачей. В процессе функционирования, помимо задач выявления неисправностей, система должна управлять и основными режимами резания, в частности, режимами подачи инструмента.

На основе анализа существующих систем адаптивного управления параметрами резания можно выделить две методики – управление скоростью подачи на основе параметров энергопотребления шпинделя (компании Fanuc, TMAC, Siemens), управление скоростью подачи на основе контроля вибрации (DMG MORI).

Недостатком рассматриваемых систем является то, что в них отсутствует учёт скорости вращения ШУ. В ходе отработки алгоритма на рассматриваемых системах в определенных случаях наблюдается попадание в зону собственных частот.

Частота периодических колебаний системы изделия, возникающих при резании, близка либо к частоте основного тона, либо к одной из частот более высоких гармоник свободных колебаний системы [1].

Предлагается оригинальная методика, которая заключается во внесении в алгоритм автоматического управления параметрами реза списка частот вращения ШУ (собственных частот), которые в ходе отработки программы система обходит автоматически.

Список собственных частот формируется в ходе процедуры обучения посредством инструментов модального анализа подобно [2].

В результате применения предлагаемой методики можно увеличить эффективность работы станков с ЧПУ. Анализ эффективности на первом этапе осуществляется средствами моделирования с последующим апробированием, включая особенности механизмов вмешательства во встроенную систему регулирования станков ЧПУ разных производителей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каширин, А. И. Исследование вибраций при резании металлов / А. И. Каширин. – Москва: АН СССР, 1944. – 132 с.
2. Макарьянц, Г. М. Экспериментальный модальный анализ: электрон. учебное пособие по курсу лекций / Г. М. Макарьянц, Е. В. Шахматов, С. А. Гафуров. – Самара, 2010. – 39 с.

УДК 621.3

РАЗРАБОТКА НАБЛЮДАТЕЛЯ ТЕМПЕРАТУР ОТДЕЛЬНЫХ УЗЛОВ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

О. А. КАПИТОНОВ, Д. В. ШНИП

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

Одним из вопросов для долгой и безотказной работы асинхронных электродвигателей является выдерживание номинального температурного режима.

Одной из задач тепловой идентификации асинхронного электродвигателя является измерение или расчет температур перегрева отдельных узлов асинхронного электродвигателя. Для решения этой задачи были выбраны наблюдатели температур. Из источников литературы по рассматриваемому вопросу выбрано направление наблюдателей на основе MRAS-моделей.

По результатам электромагнитных, механических, энергетических и вентиляционных расчетов собрана упрощенная тепловая математическая модель асинхронного электродвигателя (в качестве объекта исследования выступил асинхронный электродвигатель АИР100S4). На основании полученной тепловой модели сформированы обратные связи по теплу, которые корректировали сопротивления статора и ротора при изменении температуры, а также сформирована обратная связь по параметрам вентиляционной сети для более эффективного отвода тепла (актуально при наличии независимой вентиляции).

Параллельно разработаны тепловые модели, представляющие собой наблюдатели температур перегрева статора, ротора и лобовых частей. При этом наибольший интерес представляют наблюдатели температур ротора, поскольку измерение температуры ротора напрямую невозможно. В данном случае температура перегрева определяется косвенно на основе пакета входных данных.

Данные, полученные с наблюдателей, сравнивались с опытами. Верификация показала высокую сходимость полученных результатов. Полученные математические модели наблюдателей переведены в пространство разностных уравнений и подготовлены для включения в прошивку измерения и прогноза температур отдельных узлов асинхронного электродвигателя (предполагается использование микроконтроллеров семейства STM32). Такие модели могут использоваться для прогноза или косвенного измерения температуры перегрева в составе прошивки системы управления преобразователя частоты.

В программное обеспечение IM View добавлена возможность экспериментальным или расчетным путем определять тепловые режимы асинхронного электродвигателя в произвольный момент времени.

УДК 621.762

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА НА ПРОЦЕСС КОМПАКТИРОВАНИЯ МОДИФИЦИРУЮЩИХ ЛИГАТУР

И. А. ЛОЗИКОВ¹

Научный руководитель Ф. И. ПАНТЕЛЕЕНКО², д-р техн. наук, проф.,
чл.-корр. НАН Беларуси

¹Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

²Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Целью проводимой работы являлось определение влияния химического состава на процесс компактирования механически сплавленных гранулированных композиций для производства суб-/микроструктурных модифицирующих лигатур с высоким содержанием легирующего компонента, установление оптимальных условий получения компактного материала и исследование его физико-механических свойств.

Основным легирующим элементом в экспериментальных лигатурных сплавах является хром. Его содержание оказывает принципиальное влияние на физико-механические свойства материалов. С повышением содержания хрома характеристики прочности заметно возрастают, особенно при концентрации в интервале 10 %...20 %. Дальнейшее повышение степени легированности свыше 20 % не приводит к существенному упрочнению сплава. Это обусловлено нарушением протекания процесса механического сплавления, и задача получения композиций, содержащих 25 %...30 % Cr, пока не решена. В то же время увеличение количества хрома в сплаве снижает его пластичность и электропроводность, при этом заметно возрастает усилие горячего прессования, что требует либо повышения температуры нагрева сбрикетированных заготовок и прессового инструмента, либо уменьшения коэффициента вытяжки.

Результаты проведенных исследований позволили установить, что компактирование лигатурных композиций Cu–Cr с содержанием хрома 22 %...22 %, как наиболее перспективных для получения модифицированных хромовых бронз, необходимо осуществлять по следующему режиму: температура нагрева брикета – 800 °С...810 °С; температура рабочего инструмента – 520 °С; коэффициент вытяжки – 15. При этом некоторое повышение температуры заготовки и инструмента не сказывается на свойствах компактного материала, но снижает нагрузку на прессовый инструмент, повышая его долговечность, и позволяет проводить процесс с оптимальным коэффициентом вытяжки, равным 15.

ДЮРАМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МОДИФИЦИРУЮЩИХ ХРОМОВЫХ ЛИГАТУР

И. А. ЛОЗИКОВ¹

Научный руководитель Ф. И. ПАНТЕЛЕЕНКО², д-р техн. наук, проф.,
чл.-корр. НАН Беларуси

¹Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

²Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Целью работы являлось исследование влияния теплового воздействия при компактировании на свойства суб-/микроструктурных модифицирующих хромовых лигатур с высоким содержанием легирующего компонента. Для этого были проведены дюраметрические исследования материалов, легированных хромом в количестве до 20 %, находившихся в виде гранул после процесса реакционного механического сплавления и в компактном состоянии после горячего прессования при температуре 800 °С (табл. 1, рис. 1).

Табл. 1. Результаты дюраметрических исследований

Состав, %	Твердость, НВ	
	гранул	компактного материала
Cu + 20 % Cr + 0,15 % ИПС	287	258

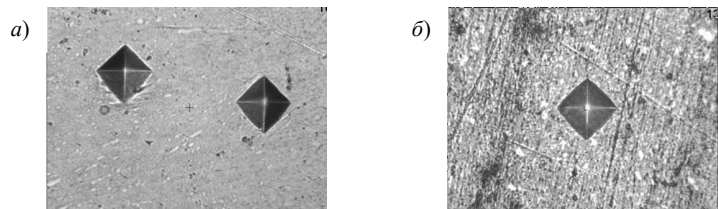


Рис. 1. Твердость гранул (а) и компактного материала (б) системы Cu–20 % Cr

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что компактный материал наследует свойства гранулированных композиций и обладает высокой жаропрочностью, характерной для дисперсно-упрочненных композиционных материалов, т. к. нагрев до температуры, близкой к 0,8 Тпл, не приводит к резкой потере твердости. Это позволяет сделать вывод о возможности использования разработанных модифицирующих хромовых лигатур в качестве самостоятельных материалов электротехнического назначения.

МАГНИТНЫЙ ДАТЧИК АВТОНОМНОГО МОБИЛЬНОГО РОБОТА

В. А. ЗАРЕЦКИЙ

Научный руководитель Г. И. ГУЛЬКОВ, канд. техн. наук, доц.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Ускорение автоматизации и роботизации производств и складов требуют от мобильной робототехники гибкости маршрутов и повышения скоростей. С точки зрения максимального использования площади производства или склада технологическое оборудование или ячейки хранения (стеллажи, паллеты) должны размещаться максимально компактно. Это обстоятельство требует от мобильных роботов четкого соблюдения траектории движения, а также габарита.

Простые решения для навигации и контроля траектории мобильного робота, такие как магнитная или контрастная лента, не позволяют осуществлять движение по гибким маршрутам. Применение компьютерного зрения требует больших вычислительных мощностей на обработку информации, что загружает вычислительное устройство робота и влечет увеличение стоимости. Отклонение траектории движения робота от заданной можно определить, применяя инерциальные датчики. Инерциальный датчик – это комплексное устройство, которое состоит из акселерометра, гироскопа и магнитного датчика. При проведении натурных испытаний работы инерциального датчика было выяснено, что акселерометр и гироскоп работают удовлетворительно в корпусе мобильного робота. При работе магнитного датчика возникают искажения, что влечет искажение данных от акселерометра и компаса.

В работе рассмотрены искажения значений, возникающие при использовании магнитных датчиков в ограниченном пространстве корпуса мобильного робота, влияние близко расположенных к датчику ферромагнитных материалов, а также внешних магнитных полей переменного и постоянного тока. Рассмотрены методы устранения и компенсации искажений: калибровка датчика, алгоритмы компенсаций искажений, отбор материалов и конструктивные решения.

Основным способом борьбы с искажениями магнитного датчика является отказ от использования магнитного датчика, что приемлемо при эксплуатации робота в помещении склада или цеха. Вынос датчика из ферромагнитного корпуса робота может быть затруднителен по причине использования I2C шины передачи данных. Возможно также изготовление корпуса робота или части корпуса из парамагнитного материала.

УДК 65.011.56

МНОГОДВИГАТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ПОДЪЕМНОЙ ПЛАТФОРМЫ МОБИЛЬНОГО РОБОТА

М. Д. БУРБА, В. А. ЗАРЕЦКИЙ, Н. А. ШИЛОВ

Научный руководитель С. А. ПАВЛЮКОВЕЦ, канд. техн. наук, доц.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Использование мобильных роботов для перемещения товаров на складе требует минимального габарита робота при сохранении заданной грузоподъемности. Это вызвано требованием максимального использования пространства склада. Исполнительным механизмом мобильного робота склада является подъемная платформа. Для уменьшения габарита робота электропривод подъемной платформы робота разделяют на несколько независимых механизмов. Это позволяет уменьшить габарит робота по высоте.

В качестве электропривода подъема нашли применение так называемые «линейные актуаторы», которые представляют собой электродвигатель, многоступенчатый редуктор и передачу винт-гайка с упорной резьбой. Они могут быть как непосредственно механически соединены с подъемной платформой, так и через системы рычагов. Применение такого типа электропривода позволяет затрачивать энергию только на подъем и на опускание груза за счет самоблокировки механизма передачи, что упрощает конструкцию.

В работе была создана симуляция подъемной платформы с четырехдвигательным электроприводом механизма подъемной платформы в программном пакете MATLAB-Simulink с использованием библиотеки SimScape MultiBody. В качестве электропривода выступают линейные актуаторы, соединенные с ножничным механизмом подъема. Проведены симуляции подъема и опускания груза с различными центрами масс. При использовании электропривода без обратной связи по положению штока подъемника невозможно определить положение подъемной платформы, а также наклон платформы при его возникновении. Наклон платформы возникает при неравномерном распределении груза на платформе и при подъеме/опускании груза в движении робота. Опускание груза в движении может быть полезно для сокращения времени доставки груза внутри склада.

Применение модели также позволяет учесть статическую нагрузку, создаваемую грузом, и ее влияние на движение мобильного робота в динамических режимах разгона и торможения.

УДК 677.016.8

ОЦЕНКА СВОЙСТВ ПОЛИУРЕТАНОВОЙ КОМПОЗИЦИИ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОКОЖ

Ю. И. МАРУЩАК

Научный руководитель Н. Н. ЯСИНСКАЯ, д-р техн. наук, доц.
Витебский государственный технологический университет
Витебск, Беларусь

В производстве изделий легкой промышленности одежного и галантерейного назначения находят широкое применение экокожи (хлопчатобумажные ткани с нанесенным на них микропористым полиуретаном). Нанесение полимерного слоя осуществляется шаберным способом. Важной особенностью технологии производства является использование вспененной полиуретановой композиции различной кратности, от свойств которой могут варьироваться физико-механические показатели конечного продукта. Поскольку в Республике Беларусь создание данного материала находится на стадии развития, актуальным является оценка свойств полиуретановой композиции, а также изучение влияния кратности на реологические свойства, вязкость и плотность дисперсии с целью дальнейшего совершенствования технологии производства.

В качестве образцов исследования выбрана полиуретановая дисперсия российского производства (АО «Пигмент»). В лабораторных условиях кафедры «Экология и химические технологии» УО «ВГТУ» (г. Витебск) изучены свойства композиции, вспененной механическим перемешиванием до кратностей 1.5, 2.0, 2.5. Плотность дисперсий составила: $\rho_{1.5} = 0,81 \text{ г/см}^3$; $\rho_{2.0} = 0,49 \text{ г/см}^3$; $\rho_{2.5} = 0,39 \text{ г/см}^3$. Распределение пузырьков воздуха определяли по данным микрофотографий при увеличении 20X/0.40 BD. Средний диаметр пузырьков воздуха в полиуретановой композиции до вспенивания составил: $d_0 = 18,18 \text{ мкм}$; для кратностей 1.5, 2.0, 2.5 $d_{1.5} = 241,2 \text{ мкм}$, $d_{2.0} = 291,6 \text{ мкм}$, $d_{2.5} = 321,2 \text{ мкм}$ соответственно. С увеличением кратности композиции увеличивается средний диаметр пузырьков воздуха, при этом снижается их количество, что свидетельствует об уменьшении количества воздуха, захватываемого с поверхности и вводимого в перемешиваемый объем. Реологические исследования полиуретановой композиции проводили с помощью ротационного вискозиметра RM100 PLUS Lamy Rheology при скорости сдвига 500 с^{-1} . Температура измерений составляла $(20 \pm 0,2) ^\circ\text{C}$. Вязкость дисперсии до взбивания $\mu_0 = 239 \text{ мПа}\cdot\text{с}$, после взбивания для различных кратностей $\mu_{1.5} = 294,5 \text{ мПа}\cdot\text{с}$, $\mu_{2.0} = 344,3 \text{ мПа}\cdot\text{с}$, $\mu_{2.5} = 444,3 \text{ мПа}\cdot\text{с}$. Установлено, что вязкость изученных пенных композиций увеличивается с увеличением кратности и с уменьшением плотности полиуретановой дисперсии.

Свойства полиуретановой композиции и наносимый объем необходимо соотносить со структурой материала и назначением готового материала (экокожи). В зависимости от требований заказчика свойства композиции могут варьироваться.

УДК 667.6

СИНТЕЗ НЕИЗОЦИАНАТНОГО УРЕТАНАМИННОГО ОТВЕРДИТЕЛЯ ДЛЯ ЭПОКСИДНОЙ СМОЛЫ

И. Г. МОСКВИН, В. С. СУЧКОВ, П. Н. ВЕНГИЛЕВСКИХ

Научный руководитель С. Н. СТЕПИН, д-р хим. наук, проф.

Казанский национальный исследовательский технологический университет
Казань, Россия

Используемые при получении полиуретанов полиизоцианаты являются токсичными веществами, оказывающими разрушительное воздействие на окружающую среду и причиняющими вред здоровью человека. Данный факт побудил Европейский союз принять регламент, в котором предложено снизить содержание изоцианатов с целью запретить их использование в перспективе. Вышеизложенное на протяжении многих лет мотивирует ученых со всего мира разрабатывать технологии, направленные на получение полиуретанов без использования изоцианатов, так называемых неизоцианатных полиуретанов (НИПУ).

Фактором, препятствующим широкому применению наиболее перспективного способа синтеза НИПУ с использованием циклокарбонатов и аминов непосредственно в процессе формирования покрытий, является низкая скорость реакции этих соединений без подвода тепла. Одним из вариантов устранения данного недостатка является синтез НИПУ, содержащего реакционноспособные функциональные группы, в оптимальных условиях с последующим его использованием при формировании полимерной матрицы покрытия в естественных условиях.

В данной работе синтезировали неизоцианатный полиуретановый амин-содержащий олигомер (НИПУА) и протестировали его способность химически структурировать эпоксидные покрытия. В качестве исходных веществ использовали промышленно выпускаемый циклический карбонат Лапролат 803 (ТУ 2226-034-10488057-2003) и диэтилентриамин (ТУ 6-02-914-86). Расчетные количества карбоната и амина растворяли в смеси толуола и этилцеллозольва и последовательно добавляли в реакционный сосуд, причем сначала добавлялся амин, после чего медленно дозировался циклический карбонат.

Синтез осуществляли при 90 °С. Течение реакции контролировали посредством мониторинга аминного числа реакционной массы согласно ГОСТ Р 59152-2020. Завершение синтеза было подтверждено результатами ИК-спектроскопии полученного продукта, который представлял собой вязкую опалесцирующую жидкость светло-желтого цвета.

Полученный НИПУА использовали для отверждения покрытий на основе эпоксидных олигомеров Э-40 и Э-41. В обоих случаях сформированные покрытия обладали высокими твердостью, эластичностью, адгезией и стойкостью к удару.

УДК 621.1.016

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ИЗНОСА ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ НА ИЗМЕНЕНИЯ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

М. А. ШКИЛЬНЮК

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Изучение тепловых свойств ограждающих конструкций может способствовать выбору оптимального подхода к подбору материалов и толщины ограждающих конструкций, что, в свою очередь, приведет к экономии как на материалах, так и на энергозатратах для поддержания комфортных условий в сооружениях.

Для проверки эффективности утепления и определения температуры на теплообменных поверхностях теплоэнергетических объектов был использован прибор ИТП-МГ 4.03/10(I) «ПОТОК». Результаты измерений, включая плотность теплового потока и температуру окружающих поверхностей и сред, представлены в табл. 1; графики изменения теплового потока и температуры – на рис. 1.

Табл. 1. Изменения теплового потока и температур

Номер измерения	q_1 , Вт/м ²	q_2 , Вт/м ²	q_3 , Вт/м ²	t_1 , °С	t_2 , °С	t_3 , °С	t_4 , °С
1	14	16,1	12,1	19,2	20,7	15,2	15,1
2	13	12,3	11	19,2	20,4	15,3	15,2
3	11,9	15,7	11,2	19,6	20,3	15,8	15,1
4	12,5	13,1	11,9	19,3	20,9	16,8	15,4

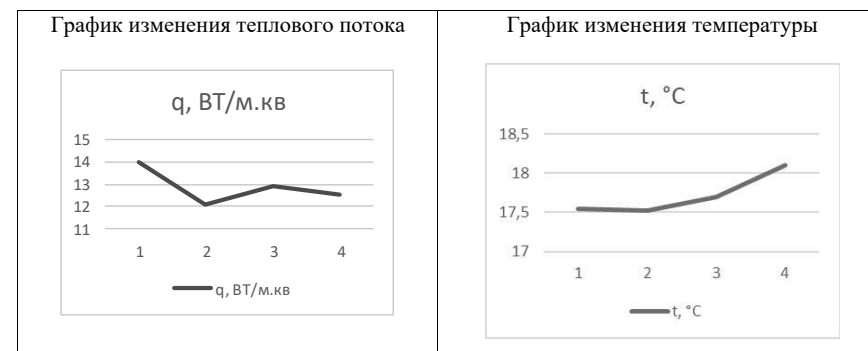


Рис. 1. Изменения теплового потока и температур

На основании результатов проведенного исследования можно сделать вывод о том, что износ здания оказывает значительное влияние на тепло-технические характеристики ограждающих конструкций.

РАСЧЕТ ЭФФЕКТИВНОСТИ ШУМОЗАЩИТНОГО ЭКРАНА В Г. МОГИЛЕВЕ

П. А. ТУМИНСКАЯ, Н. М. ЧЕРЕВКО
Научный руководитель Е. А. ШАРОЙКИНА
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Для защиты жилой зоны от транспортного шума осуществляется проектирование шумозащитного экрана. Проектирование заключается в выборе оптимальной высоты и удаления от источника шума экрана по условию максимизации его шумозащитной эффективности [1]:

$$\Delta L_{\text{экp}} = \frac{2}{\lambda} * \left[R * \left(\sqrt{1 + \left(\frac{H}{R} \right)^2} - 1 \right) + l_1 * \left(\sqrt{1 + \left(\frac{H}{l_1} \right)^2} - 1 \right) \right], \quad (1)$$

где $\Delta L_{\text{экp}}$ – шумозащитная эффективность экрана, дБА; R – расстояние от источника шума до экрана, м; H – высота экрана, м; l_1 – расстояние от экрана до приемника, м; λ – длина звуковой волны, м.

Следует учесть, что при любой конструкции шумозащитного экрана практический предел экранирования составляет 20 дБА. Наиболее опасной для человека является частота 1000 Гц, поэтому целесообразно проверять шумозащитную эффективность экрана для соответствующей длины звуковой волны ($\lambda = 0,34$ м).

По данным, представленным на рис. 1, был произведен расчет эффективности шумозащитного экрана.

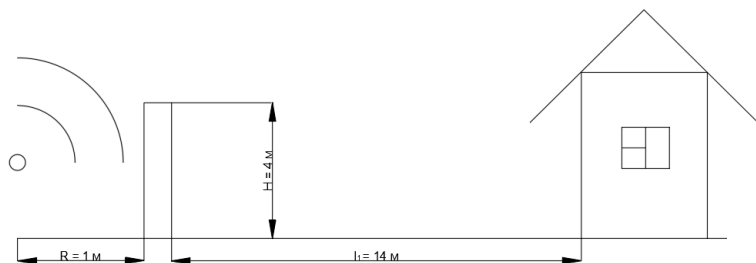


Рис. 1. Расчетная схема определения эффективности шумозащитного экрана

$$\Delta L_{\text{экp}} = \frac{2}{0,34} * \left[1 * \left(\sqrt{1 + \left(\frac{4}{1} \right)^2} - 1 \right) + 14 * \left(\sqrt{1 + \left(\frac{4}{14} \right)^2} - 1 \right) \right] = 144 \text{ дБА.}$$

По полученным данным видим, что уровень звукового давления не соответствует норме, поэтому предусматриваем еще один способ защиты от транспортного шума в виде шумозащитных экранов.

ОЦЕНКА СЫРЬЕВОГО ПОТЕНЦИАЛА ТЕХНОГЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ ВАНАДИЯ

М. А. НИШУКОВА
Научный руководитель Е. Н. КУЗИН, канд. техн. наук, доц.
Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева
Москва, Россия

Ванадий и его соединения широко используются в различных отраслях промышленности: в металлургии – для легирования сплавов, в качестве катализатора в химической промышленности, в качестве красителя в текстильной промышленности. Ванадий является побочным продуктом, выделяемым при переработке широкого спектра титан- и железосодержащих минералов. Вследствие того, что природные источники ванадия истощаются, появляется необходимость в поиске новых источников соединений ванадия или переработке ванадийсодержащих отходов.

Большую часть ванадийсодержащих отходов составляют отработанные ванадиевые катализаторы производства серной кислоты (далее – ОВК). Данные отходы размещаются в шламонакопителях и наносят ущерб окружающей среде: соединения серы, оксиды ванадия и другие токсичные соединения попадают в почву, поверхностные и внутренние воды. Данная проблема является еще одной причиной, делающей вопрос переработки техногенных источников ванадия крайне актуальной задачей.

В зависимости от используемого сырья (пирит, сера, сероводород процесса очистки природного газа) срок службы и химический состав ОВК могут серьезно отличаться. Так, при работе с пиритом возможно «отравление» катализатора примесными компонентами (соединения никеля, меди, хрома и пр.). Помимо отравления катализатора, в зависимости от примеси водяного пара возможны реакции восстановления соединений ванадия из (V) в форму (IV), что существенно повышает его вымывание с поверхности катализатора и растворимость в парах воды.

Согласно данным различных литературных источников, степень извлечения ванадия из ОВК методом выщелачивания превышает 95 %, что при валовом содержании ванадия в ОВК от 5 % до 9 % делает процесс его переработки крайне интересным с точки зрения энерго- и ресурсосбережения, а простота аппаратурной схемы (сернокислотное выщелачивание) обеспечивает экономическую целесообразность. Переработка значительных количеств высокоопасных отходов будет иметь ярко выраженный природоохранный эффект.

Таким образом, можно сделать вывод, что отработанные ванадиевые катализаторы имеют крайне высокий сырьевой потенциал и позволяют решить проблему истощения природных источников ванадия и снизить негативное воздействие на окружающую среду.

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА АТМОСФЕРЫ НА СВОЙСТВА МЕХАНИЧЕСКИ ЛЕГИРОВАННЫХ ПОРОШКОВ СИСТЕМЫ Al–Si–Mg

А. С. ОЛЕНЦЕВИЧ

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

В современной промышленности разработка новых конструкционных материалов, отличающихся улучшенным комплексом свойств, является одной из приоритетных задач. Во многих отраслях ключевое место отводится композиционным материалам, среди которых наиболее востребованными являются дисперсно-упрочненные, что обусловлено их высокой жаропрочностью.

В машиностроении широкое применение находят силумины. Они отличаются хорошими литейными свойствами и повышенной твердостью по сравнению с чистым алюминием. Их основным недостатком является склонность к образованию крупнозернистой структуры, формирование которой сопровождается снижением механических свойств материала, в том числе в случае изготовления изделий аддитивными технологиями.

Одним из эффективных путей измельчения структуры металлов и сплавов является введение в их состав дисперсных тугоплавких частиц ультрадисперсного размера, играющих в процессе затвердевания матрицы роль центров кристаллизации. Одним из способов получения таких материалов выступает реакционное механическое легирование.

В ходе проведения исследований были получены порошки композиции состава Al (основа)–Si (10 %)–Mg (0,45 %). По химическому составу основы они аналогичны сплаву Al10SiMg, широко применяющемуся в качестве исходного материала для изготовления изделий в области аддитивных технологий.

В ходе исследований установлено влияние воздуха на гранулометрический состав порошка. Выявлено, что заполнение камеры воздухом (75,5 % N₂; 23,15 % O₂; 1,3 % Ar), вместо инертного аргона, способствует уменьшению среднего размера частиц получаемого порошка на 20...25 мкм, что обусловлено увеличением количества упрочняющих фаз, образующихся в результате взаимодействия компонентов порошка с окружающей средой камеры. Микротвердость частиц, при этом, увеличивается на 5...10 ед. по Виккерсу.

Отжиг порошков приводит к дополнительному увеличению твердости на 5...10 ед. по Виккерсу. При этом наибольший рост наблюдается при температуре отжига в интервале 100 °C...300 °C.

Изучение микроструктуры частиц до и после термической обработки показало, что отжиг не оказывает заметного влияния на их строение.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ В ОЦЕНИВАНИИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

П. Ю. ТИХОНЧУК

Научный руководитель Ю. С. ДОРДЮК, канд. техн. наук, доц.
Брестский государственный технический университет
Брест, Беларусь

Практическое применение теории нечетких множеств при оценивании строительных конструкций непрерывно растет, о чем свидетельствуют отечественные и зарубежные публикации.

Японскими учеными представлена модель оценки железобетонных мостов в г. Тайбэе. Оценивание повреждений проводилось с использованием двухслойного нечеткого синтеза, а полученные результаты являлись основой для дальнейших работ по ремонту и усилению существующих железобетонных конструкций мостов.

Итальянскими учеными представлен пример применения теории нечетких множеств с использованием пакета *Fuzzy Toolbox* в рамках среды *MATLAB* к оцениванию технического состояния строительных конструкций. Были выделены следующие рабочие фазы, для которых была определена логическая и временная последовательность отдельных операций.

1. Предварительное обследование. В этой фазе, которая основана на визуальной оценке и на базовых испытаниях материалов, можно обнаружить серьезные повреждения, приводящие к прогнозируемому разрушению, и выполнить мероприятия, требующие быстрых решений о дальнейшем детальном обследовании. Также может быть и другой вариант, когда повреждения и дефекты незначительны и дальнейшее детальное обследование не требуется.

2. Детальное обследование. В большинстве случаев предварительное обследование должно быть дополнено и завершено более подробными данными, необходимыми для выполнения оценки технического состояния конструкций. Эта фаза требует более обширных исследований и основана на лабораторных и экспериментальных проверках характеристик свойств материалов и конструкций.

3. Обработка данных измерений и заключение о состоянии. После завершения всех операций собранные данные должны быть обработаны, чтобы дать заключение об уровне безопасности здания и степени повреждения. При необходимости могут быть выделены мероприятия по восстановлению, направленные на обеспечение предъявляемым требованиям безопасности.

Таким образом, обобщая рассмотренные работы по применению нечеткой логики при оценивании строительных конструкций, можно сделать вывод, что данный метод имеет большие перспективы в промышленном и гражданском строительстве.

УДК 624.072

ЗАДАЧА О РАСЧЕТЕ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ПЛИТЫ БЕСКОНЕЧНОЙ РЕГУЛЯРНОЙ СИСТЕМЫ НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ

К. А. СИРОШ¹Научный руководитель О. В. КОЗУНОВА², канд. техн. наук, доц.¹Белорусский государственный университет транспорта
Гомель, Беларусь²Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

В работе решается задача о расчете прямоугольной железобетонной плиты бесконечной регулярной системы на упругом основании вариационно-разностным методом. За упругое основание принято однослойное изотропное искусственное основание, которое аппроксимируется на равные ячейки для реализации решения.

Регулярная система железобетонных плит разбивается на базовые фрагменты, свободно опирающиеся на упругое основание. Каждый базовый фрагмент – это прямоугольная плита с постоянной по площади толщиной. Внешняя статическая нагрузка приложена в центре плиты и действует перпендикулярно плоскости конструкции [1, 2].

Величина полной потенциальной энергии железобетонной плиты есть сумма энергий деформации конструкции, упругого основания и работы внешней нагрузки. При нагружении плиты на упругом основании постоянной нагрузкой система приходит в равновесное состояние и полная потенциальная энергия системы принимает минимальное значение [1].

Нелинейный расчет плиты на упругом основании выполняется с организацией итерационного процесса. Решение организуется в перемещениях методом конечных разностей. Физическая нелинейность в задаче учитывается через зависимость «жесткость – кривизна». На каждой итерации зависимость «жесткость – кривизна» уточняет изгибную жесткость железобетонной прямоугольной плиты на каждом участке метода конечной разности.

Алгоритм приводимого решения численно реализуется при использовании программного пакета компьютерной алгебры MATHEMATICA [1].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Козунова, О. В. Учет физической нелинейности ортотропных плит в статическом расчете бесконечной регулярной системы плит на упругом слое / О. В. Козунова, К. А. Сирош // Вестн. Полоцкого гос. ун-та. Сер. Ф. Строительство. Прикладные науки. – 2022. – № 14. – С. 22–28.
2. Козунова, О. В. Нелинейный расчет бесконечной регулярной системы плит на изотропном основании / О. В. Козунова, К. А. Сирош // Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред: материалы XXVIII Междунар. симпозиума имени А. Г. Горшкова, Кремлёнки, 16–20 мая 2022 г. – Москва: ТРП, 2022. – С. 113–115.

УДК 538.911: 621.521: 538.951

ПОВЕДЕНИЕ ИНТЕРФЕЙСА ПРИ ОДНООСНОЙ РАСТЯГИВАЮЩЕЙ НАГРУЗКЕ В КОМПОЗИТАХ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ МЕТОДОМ ЭЛАП

К. С. ОСИПОВИЧ, А. В. ЧУМАЕВСКИЙ, Е. Н. МОСКВИЧЕВ

Научный руководитель Е. А. КОЛУБАЕВ, д-р техн. наук, проф. РАН
Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения РАН
Томск, Россия

Композиционные материалы изготавливаются из двух или более компонентов с существенно различными физическими и/или химическими свойствами, которые в сочетании приводят к появлению нового материала с характеристиками, отличными от характеристик отдельных компонентов и не являющимися простой их суперпозицией. Причина их широкого практического применения обусловлена различием в развитии деформации в пластичных и прочных фазах. Опасным фактором для любых материалов является разрушение по границам раздела. Для определения поведения материала в тех или иных условиях эксплуатации элементы конструкции или детали подвергают механическим испытаниям. Целью данного исследования является установление влияния ориентации границы раздела композиционных материалов на основе меди М1 и стали 06Х19Н9Т, изготовленных проволочным электронно-лучевым аддитивным способом, в условиях постоянной одноосной растягивающей нагрузки. Для определения поведения интерфейса при внешнем воздействии и дальнейшем характере разрушения предлагается исследовать экспериментальные образцы в разных направлениях: ортогональные – ось растяжения перпендикулярна границе раздела; параллельные – ось растяжения параллельна границе раздела; диагональные – ось растяжения наклонена к границе раздела под углом ~45°. Установлено, что интерфейс имеет макроскопически неоднородную структуру с переходными зонами в Cu и γ -Fe областях. При анализе кинетики деформирования наблюдается интенсивное развитие следов скольжения. Напряжения течения слабо зависят от формы и ориентации интерфейса по отношению к внешней нагрузке. Микроскопически следы скольжения наблюдаются как в области, богатой Cu, так и в области на основе сплава γ -Fe во всех типах зерен (равноосных и столбчатых). Структура с образованием механической смеси в зоне интерфейса оказывает влияние на макроскопическую картину деформации. Для образцов, в которых граница ориентирована перпендикулярно приложенной нагрузке, образование шейки и дальнейший разрыв произошли по менее прочному материалу из пары в образце композиционного материала – меди. В случае диагональных образцов не только медь интенсивно пластически деформируется, но и близлежащие участки стали. Для образцов с границей, параллельной оси деформации, формируется двойная шейка, проходящая через границу раздела.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, тема FWRW-2022-0004.

ПРОЦЕССЫ ДЕФТОРИРОВАНИЯ ВОДЫ: НАПРАВЛЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Ю. Д. ПЕРЕСУНЬКО, С. В. АЗОПКОВ

Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева
Москва, Россия

Сточные воды, содержащие фторид-ион, образуются в ряде промышленных отраслей, таких как черная и цветная металлургии, а также при производстве минеральных удобрений и пестицидов.

В зависимости от технологического процесса содержание фторидов в сточных водах может варьироваться от 10 мг/дм³ до десятков г/дм³. В соответствии с нормативной документацией содержание фторид-иона в водных объектах питьевого назначения не должно превышать 1,5 мг/дм³. Повышенное содержание фторсодержащих соединений способно приводить к хроническому флюорозу. Во избежание потенциального риска попадания таких сточных вод в систему водоснабжения необходима их предварительная очистка.

Традиционным способом снижения концентрации фторид-иона является обработка сточных вод суспензией гидроксида кальция с образованием малорастворимого CaF₂ (произведение растворимости 4,0·10⁻¹¹) по реакции



Однако, ввиду недостаточной эффективности протекания процесса осаждения фторида кальция по реакции (1), остаточная концентрация фторида по-прежнему остается довольно высокой и колеблется от 9 до 20 мг/дм³, что не соответствует значениям ПКД и требует дополнительных этапов доочистки.

Одним из перспективных направлений в области очистки сточных вод от фторсодержащих соединений является использование в качестве реагента-осадителя термически обработанного фосфомела [1].

Доочистку сточных вод, как правило, проводят с использованием алюмосодержащих коагулянтов (сульфата и оксихлорида алюминия), которые имеют множество недостатков: высокая стоимость, низкая эффективность доочистки и др. Также, наряду со снижением содержания фторида в сточной воде, возникает необходимость в очистке от ионов алюминия (III). Ввиду этого одним из перспективных решений является использование традиционных коагулянтов, модифицированных введением продуктов гидролиза титансодержащих соединений, что способствует снижению расхода алюминийсодержащих коагулянтов почти в 2 раза и снижению вторичного загрязнения вод алюминием.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пересунько, Ю. Д. Фосфомел – сырье для производства гипохлорита кальция / Ю. Д. Пересунько // Будущее технической науки: материалы XXII Всерос. молодежной науч.-техн. конф. – Нижний Новгород: НГТУ им. Р. Е. Алексеева, 2023. – С. 804–805.

ВАРИАНТЫ ПОВЫШЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕГКОГО БЕТОНА НА ОСНОВЕ КЕРАМЗИТА

В. А. РЖЕВУЦКАЯ

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

Существуют различные варианты улучшения прочностных и деформативных характеристик керамзитобетона.

Сравнительный анализ использования керамзитового щебня и керамзитового гравия в качестве крупного заполнителя при одинаковом составе керамзитобетонной смеси позволил установить: повышение прочности керамзитобетона на сжатие примерно на 60 % при использовании керамзитового щебня [1]. Это связано с тем, что прочность керамзитового щебня превышает прочность керамзитового гравия примерно в 4 раза.

Тем не менее на сегодняшний день в Республике Беларусь выпуск керамзитового гравия значительно превышает выпуск керамзитового щебня. В соответствии с полученными ранее результатами [1] прочность керамзитового гравия при сдавливании в цилиндре составляет примерно 1 МПа. Однако получить конструкционный легкий бетон высокого класса по прочности на сжатие проблематично при использовании пористого заполнителя с такой величиной прочности в цилиндре. В связи с этим представляется перспективным повышение прочностных характеристик керамзитового гравия на этапе изготовления данного пористого заполнителя.

Улучшение деформативных характеристик керамзитобетона может быть реализовано при добавлении полимерных волокон в керамзитобетонную смесь: в [1] зафиксировано уменьшение величины относительных продольных деформаций в пиковой точке диаграммы деформирования на 50 % и более. Примечательно, что наличие полипропиленовых волокон в бетонной смеси не снижает величин прочностных показателей керамзитобетона (рассматривались проценты дисперсного армирования 0,5 %, 1 % и 1,5 % по массе от массы цемента).

Представленные варианты улучшения характеристик легкого бетона на основе керамзита позволят изготавливать конструкционно-теплоизоляционные керамзитобетоны с использованием местной сырьевой базы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ржевущая, В. А. Анализ функциональной эффективности ограждающих конструкций из керамзитобетона / В. А. Ржевущая, Ю. Г. Москалькова // Вестн. Гродненского гос. ун-та имени Янки Купалы. Сер. 6. Техника. – 2022. – Т. 12, № 2. – С. 78–90.

УДК 621.9

ВЛИЯНИЕ КАСАТЕЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В КОНТАКТНОЙ ЗОНЕ ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ НА ПЫЛЕВАТО-ГЛИНИСТЫХ ГРУНТАХ

А. Г. ПУСЕНКОВ¹Научный руководитель О. В. КОЗУНОВА², канд. техн. наук, доц.¹Белорусский государственный университет транспорта

Гомель, Беларусь

²Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

В сфере проектирования и строительства зданий и сооружений постоянно совершенствуются и внедряются новейшие методы расчета, программное обеспечение и информационные технологии. В СП 5.01.01.01–2023 «Общие положения по проектированию оснований и фундаментов зданий и сооружений» нет рекомендаций решения пространственной задачи взаимодействия фундамента и упругого однородного основания с учетом касательных напряжений. Учет касательных напряжений позволяет более полно исследовать все факторы взаимовлияния: осадки упругого основания, внутренние усилия в балочной плите, контактное взаимодействие, что, в свою очередь, позволит пересмотреть трудозатраты проектирования и строительства.

Задача решается вариационно-разностным методом (ВРМ), который реализуется в перемещениях через конечно-разностные соотношения теории упругости (случай плоской деформации) при использовании в решении функционала полной потенциальной энергии деформации системы, состоящей из фундаментной плиты, непросадочных грунтов основания и зоны контактного взаимодействия.

Для решения задачи составлена расчетная программа Mathematica 10.0 и проведена ее числовая апробация для однослойного основания (супесь): $\sigma_y = 0,25$ МПа; $\nu = 0,33$; $E = 10$ МПа; железобетонная плита фундамента (бетон марки С20/25), $l = 1,6$ м, $h = 0,3$ м; $E_6 = 2,75 \cdot 10^{10}$ Па, равномерная нагрузка заменяется сосредоточенными силами $P_1 = P_3 = 100$ кН, $P_2 = 200$ кН. Устанавливаем критерий сходимости – 3.

На рис. 1 приведены результаты расчета осадок основания и фундаментной плиты в метрах с учетом касательных напряжений и без них в контактной зоне для первых двух итераций, а также линейный расчет для сравнения. Сходимость составила – 2,2 %. Уменьшение осадок – 3,1 %.

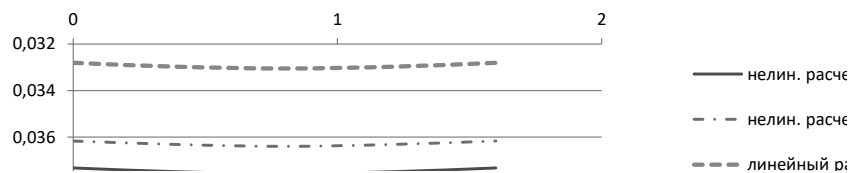


Рис. 1. График сравнения результатов осадок задачи

Полученные результаты уменьшения осадок говорят о влиянии касательных напряжений в решаемой задаче.

УДК 628.316.12

ОЧИСТКА ФТОРСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД ПРОДУКТАМИ ТЕРМОДЕСТРУКЦИИ ФОСФОМЕЛА

Ю. Д. ПЕРЕСУНЬКО, Н. Е. КРУЧИНИНА

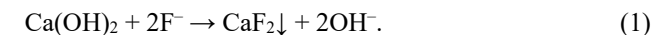
Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева
Москва, Россия

В настоящее время спрос на минеральные удобрения стремительно растет, в связи с чем увеличиваются темпы добычи и переработки природного сырья.

Традиционным способом получения фосфорной кислоты является вскрытие фосфатного сырья серной кислотой.

В процессе получения экстракционной фосфорной кислоты и ее концентрирования (упарки) выделяется значительное количество газообразного HF. Для предотвращения выбросов газообразных фторидов в атмосферу отходящие газы из вытяжных устройств, размещенных над экстракторами и вакуум-испарителями, поступают на абсорбционную очистку в скрубберах, орошаемых водой. Для организации оборотного цикла водопользования становится актуальным вопрос очистки образующихся сточных вод.

Традиционная очистка от фтористых соединений подразумевает обработку воды известковым молоком по реакции



В рамках данной работы была приготовлена модельная вода с содержанием $[\text{F}^-]$ 3,18 г/дм³ и проведена оценка эффективности одностадийного осаждения фторид-иона в виде CaF_2 с использованием в качестве осадителя термообработанного при 900 °С фосфомела, полученного методом карбонатной конверсии фосфогипса карбонатом аммония по реакции



Образование фосфомела протекает наряду с образованием раствора сульфата аммония – эффективного минерального удобрения.

В табл. 1 представлены данные по эффективности удаления фторид-иона в зависимости от дозы реагента-осадителя.

Табл. 1. Эффективность удаления фторид-иона

Соотношение $\text{Ca}^{2+}/\text{F}^-$	Остаточное содержание F^- , мг/дм ³
1:1	48,1
1,1:1	24,3
1,15:1	22,1
1,2:1	20,5

Из полученных данных видно, что максимальная эффективность удаления фторид-иона достигается при соотношении $\text{Ca}^{2+}/\text{F}^-$, равном 1,2:1, а остаточная концентрация фторида составляет 20,5 мг/дм³. Дальнейшее увеличение расхода осадителя неэффективно и требует доочистки с применением коагуляционных или сорбционных методов.

ПОЛУЧЕНИЕ КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОСАДКОВ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

А. В. ПОЖАРСКАЯ

Научный руководитель О. В. КИЧКАЙЛО, канд. техн. наук
Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

Цель данной работы – исследование осадков очистных сооружений гальванических производств ОАО «Минский тракторный завод» (МТЗ) и изучение возможности получения керамического кирпича с их использованием.

При получении образцов керамического кирпича в качестве основного сырьевого компонента использовалась легкоплавкая глина месторождения «Гайдуковка», к которой добавлялись осадки очистных сооружений гальванических производств МТЗ при их содержании от 10 масс. % до 20 масс. %.

Исследование химического состава осадков очистных сооружений гальванических производств МТЗ показало наличие в указанных отходах значительного количества оксидов железа.

Изготовление опытных образцов производилось пластическим формованием с сухой подготовкой масс. Полуфабрикаты изделий подвергались сушке в лабораторном сушильном шкафу при температуре 100 °С...120 °С с последующим обжигом в электрической печи при температурах 900 °С, 950 °С и 1000 °С с выдержкой при максимальной температуре в течение 1 ч.

На основе анализа результатов экспериментальных данных осуществлен выбор шихтовой композиции с наиболее высокими технико-эксплуатационными свойствами образцов, отвечающий следующему составу: 90 масс. % глины «Гайдуковка» и 10 масс. % гальванических осадков МТЗ. Оптимальная температура обжига образцов керамического кирпича составила 1000 °С. При этом обеспечены следующие физико-химические показатели: общая усадка – 8,3 %...9,7 %; кажущаяся плотность – 1610...1700 кг/м³; открытая пористость – 22 %...26 %; водопоглощение – 13 %...16 %; прочность при сжатии – 28...32 МПа; цвет – шоколадно-коричневый.

Изучение фазового состава синтезированных образцов позволило установить присутствие следующих кристаллических фаз в составе стеновой керамики: анортит, α-кварц, магнетит и гематит. Причем при увеличении содержания осадков очистных сооружений гальванических производств МТЗ в составах масс отмечается интенсификация процессов образования железосодержащих кристаллических фаз магнетита и гематита.

Использование гальванических осадков производств МТЗ при производстве керамического кирпича позволяет рационально использовать ресурсы и способствует утилизации промышленных отходов.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВАЖНОСТИ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ

П. С. ОРЛОВСКИЙ¹

Научный руководитель А. П. БЫЗОВ², канд. техн. наук, доц.

¹Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

²Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Санкт-Петербург, Россия

При эксплуатации емкости для хранения сжиженного углеводородного газа на автомобильной газозаправочной станции есть вероятность возникновения пожароопасной ситуации [1]. Для оценки частоты инициирующих пожароопасные ситуации событий балльно-факторным методом необходимо определить весовые коэффициенты факторов влияния на возникновение аварии.

В качестве примера рассчитаем коэффициенты для разработанных ранее факторов группы «Природные воздействия»: подвижки и деформации грунта (F₁), состав грунта с точки зрения несущей способности (F₂), грозовая активность (F₃), аварии и отказы по причине природных воздействий (F₄). Для получения коэффициентов используем метод анализа иерархий (МАИ). Чтобы установить приоритеты факторов в группе в МАИ, применяем используется метод парных сравнений с построением матрицы. При построении матриц пользуемся шкалой важности, в которой присваиваемый балл соответствует степени превосходства одного фактора над другим (от 2 до 9 баллов). Для определения вектора локальных приоритетов в каждой строке матрицы рассчитываем геометрическое среднее. Затем находим сумму полученных значений. Далее делим геометрическое среднее каждого элемента на эту сумму. Получаем приоритеты сравниваемых факторов. В результате вычислений самым важным фактором в группе оказался фактор F₃ «Грозовая активность» (табл. 1).

Табл. 1. Оценка важности факторов в группе «Природные воздействия»

Фактор	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	Произведение Π	$\sqrt[4]{\Pi}$	Приоритет
F ₁	1	5	1/7	1/3	0,238	0,698	0,114
F ₂	1/5	1	1/7	1/3	0,01	0,316	0,052
F ₃	7	7	1	5	245	3,956	0,645
F ₄	3	3	1/5	1	1,8	1,158	0,189
Итого						6,128	1,000

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Орловский, П. С. Анализ существующих норм и требований в области проектирования и эксплуатации объектов нефтепродуктообеспечения / П. С. Орловский // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2021. – С. 130.

УДК 691.327.32

СПОСОБЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
КОНСТРУКЦИОННОГО КЕРАМЗИТОБЕТОНАИ. И. МЕЛЬЯНЦОВА
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Керамзит в конструкционном керамзитобетоне оказывает существенное влияние на формирование структуры легкого бетона. Однородность свойств зерен керамзита играет важную роль для обеспечения однородности свойств самой керамзитобетонной смеси. При неоднородности крупного заполнителя снижаются заданные характеристики керамзитобетона и, как следствие, эффективность применения его в строительных конструкциях. Неоднородность гравия связана с технологией изготовления ввиду неоднородности сырья, что ведет к неравномерной плотности в пределах одной марки керамзитового заполнителя. Решением вопроса может стать дифференциация гравия не только по крупности, но и по плотности зерен.

Эксплуатационные характеристики конструкционного керамзитобетона определяются не только свойствами пористого заполнителя, но и протекающих физико-химических процессов в бетонной смеси. В работах А. И. Ваганова, И. Н. Ахвердова, Ю. М. Баженова и других разработаны теория и технология легких бетонов, а также исследованы изменения их структуры и свойств. Так, процесс получения керамзитобетона имеет ряд особенностей. При затворении керамзитобетонной смеси способность пористого заполнителя активно поглощать воду приводит к образованию напряжений в растворной матрице. Однородность распределения воды по матрице достигается за счет предварительного водонасыщения керамзита. Рядом исследований установлено, что влажностные деформации в сечении растворной матрицы устраняются путем повторного виброуплотнения бетонной смеси.

Скорость твердения керамзитобетона увеличивается при последовательной загрузке компонентов смеси следующим образом: керамзит – вода – цемент – песок. При загрузке же компонентов в последовательности цемент – вода – песок – керамзит установлено, что водопоглощение пористого заполнителя при обычном перемешивании составляет порядка 35 % от воды затворения, что приводит к появлению напряжений на контакте гранул керамзита и цементного камня. Следовательно, применение технологических приемов, оказывающих влияние на сорбционную активность керамзита, дает возможность управлять процессами твердения легкого бетона и совершенствовать его структуру, обеспечивая необходимые качественные характеристики получаемого бетона.

Регулирование эксплуатационных характеристик конструкционного керамзитобетона служит основанием для проведения экспериментальных исследований процессов структурообразования бетона на керамзитовом гравии белорусских производителей, что дает возможность развивать и совершенствовать технологию легкого бетона в Республике Беларусь.

УДК 621.793

КОРРОЗИОННО-СТОЙКИЕ МНОГОСЛОЙНЫЕ ПОКРЫТИЯ,
СФОРМИРОВАННЫЕ ИЗ СЕПАРИРОВАННЫХ ПОТОКОВ
КАТОДНО-ДУГОВОЙ ПЛАЗМЫО. И. ПОСЫЛКИНА, И. А. СЕЧКО
Физико-технический институт НАН Беларуси
Минск, Беларусь

В настоящее время находят все большее применение многослойные покрытия, характеризующиеся высокой твердостью, износо- и коррозионной стойкостью. Метод вакуумно-дугового осаждения при двухкатодном испарении с использованием сепарированных плазменных потоков позволяет осажать как многокомпонентные, так и многослойные покрытия высокой плотности, низкой шероховатости и однородной структуры при обеспечении прочной адгезии к основе. В настоящей работе вакуумно-дуговое осаждение многослойных покрытий с различной толщиной и количеством слоев TiN–TiCuN–TiCuCO проводилось на вакуумной установке. Для сравнительных испытаний по определению коррозионной стойкости сформированных покрытий проводились электрохимические исследования при комнатной температуре в 3-процентном водном растворе NaCl.

Изучение электрохимических характеристик многослойных покрытий показало, что все покрытия, вне зависимости от количества и толщины слоев, повышают коррозионную стойкость нержавеющей стали, о чем говорят более низкие значения тока анодного растворения I_k при более положительных потенциалах (табл. 1). Чередование слоев TiN со столбчатой структурой и слоев Ti–Cu–N с дисперсной структурой способствовало увеличению протяженности межфазных границ и снижению внутренних напряжений как на границах слоев, так и покрытия в целом. Наличие верхнего слоя TiCuCO обеспечило защиту от коррозионного разрушения за счет способности пассивации элементов слоя в агрессивных средах.

Табл. 1. Электрохимические характеристики системы «сталь – покрытие»

Вид покрытия	Время осаждения слоя	Электрохимические характеристики		
		E_{cm} , мВ	E_k , мВ	I_k , 10^{-8} А
Сталь 40Х	–	–235	–243	13,2
TiN–TiCuN–TiCuCO	10–15–15	–174	–139	4,8
TiN–TiCuN–TiN–TiCuN–TiCuCO	5–10–5–10–10	–195	–65	2,88
TiN–TiCuN–TiN–TiCuN–TiN– TiCuN–TiCuCO	5–5–5–5–5–10	–72	–1	1,1

Снижение толщины слоев посредством уменьшения времени осаждения и увеличение их количества приводит к снижению тока анодного растворения и, следовательно, к повышению их коррозионной стойкости, что обусловлено снижением сквозной пористости покрытий с ростом количества слоев (см. табл. 1).

УДК 667.6

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАНГАНАТ-ФОСФАТОВ МАГНИЯ В КАЧЕСТВЕ ПРОТИВОКОРРОЗИОННЫХ ПИГМЕНТОВ

В. С. СУЧКОВ, И. Г. МОСКВИН, П. Н. ВЕНГИЛЕВСКИХ

Научный руководитель С. Н. СТЕПИН, д-р хим. наук, проф.

Казанский национальный исследовательский технологический университет
Казань, Россия

Перманентное ужесточение требований к экотоксичности лакокрасочных материалов и их компонентов вызывает необходимость активного поиска альтернативы наиболее эффективных на сегодняшний день, но высокотоксичных противокоррозионных пигментов, содержащих хром в максимальной степени окисления. В качестве одного из путей решения этой задачи является использование фосфатов и смешанных солей, содержащих фосфатный компонент. В качестве вклада в данное направление исследований в работе осадочным способом синтезированы манганат, фосфат и манганат-фосфаты магния с разным соотношением компонентов.

Выбор магния в качестве солеобразующего металла базировался на результатах анализа большого количества исследовательских работ, касающихся использования сложных оксидов (в основном ферритов) в качестве противокоррозионных пигментов. В результате было выяснено, что, в подавляющем большинстве случаев, включение магния в состав оксида усиливает его способность подавлять коррозию. Также известно, что противокоррозионное действие хроматных пигментов может быть усилено смешением с фосфатами. С учетом сходства многих характеристик хроматов и манганатов, исходя из предположения возможности проявления схожего синергетического эффекта, манганат был выбран в качестве второго аниона синтезированных смешанных солей.

Исследование пигментных характеристик в сочетании с тестированием противокоррозионных свойств водных вытяжек продуктов синтеза позволили выбрать в качестве оптимального состав смешанной соли с одинаковым содержанием компонентов. Выбранный манганат-фосфата магния использовали при получении композиций с разным его содержанием на основе кремнийорганического связующего, которые использовали для формирования покрытий, у которых были исследованы эксплуатационные, в том числе противокоррозионные, свойства. На основе полученных данных разработан состав грунтовки, удовлетворяющий малярно-техническим требованиям к этому классу лакокрасочных материалов.

УДК 691.32

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДОБАВОК В БЕТОН ДЛЯ ЗИМНИХ УСЛОВИЙ РАБОТ

О. Ю. МАРКО, А. А. МАСЛЕНКОВ

Научный руководитель Е. Е. КОРБУТ, канд. техн. наук, доц.

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Климатические условия Беларуси характеризуются продолжительным холодным периодом с октября-ноября по март месяцы года при чередующихся «заморозках-оттепелях», что затормаживает процесс повсеместного внедрения монолитного строительства. Данная проблема решается путем недопущения замерзания уложенного в строительные конструкции бетона за счет применения разнообразных приемов прогрева, а также химических добавок. Наибольшее применение получили противоморозные добавки в бетон, принцип действия которых заключается в том, что их введение в бетонную смесь снижает температуру замерзания воды, при этом сохраняется жидкая фаза, что позволяет минералам портландцемента гидратироваться и, соответственно, твердеть бетону на морозе. Наряду с большим количеством рекомендуемых противоморозных добавок за последние годы значительное внимание уделяется вопросам ускорения твердения бетонов при введении добавок-ускорителей твердения и комплексных добавок на их основе в сочетании с пластифицирующими добавками.

Для оценки эффективности противоморозных и комплексных добавок проведены лабораторные испытания в варианте сравнения: в равных дозировках по массе цемента в бетон вводили противоморозную и пластифицирующую добавку «Криопласт СП 15-1» и комплексную пластифицирующе-ускоряющую добавку «УКД-1», содержащую углеродный наноматериал. Результаты испытаний приведены на рис. 1.

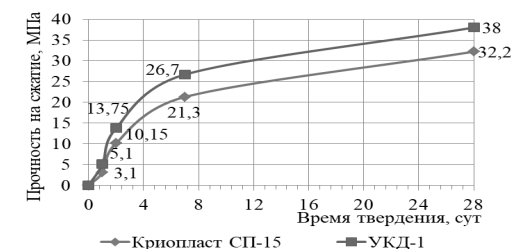


Рис. 1. Прочность бетона на сжатие при лабораторных испытаниях

Анализ данных экспериментов позволяет сделать вывод о пре-имуществе комплексной добавки. Эффект обеспечен пониженным содержанием воды в бетоне за счет воздействия пластифицирующего компонента в сочетании с ускорением гидратации и твердения цемента веществами ускорителя твердения и углеродного наноматериала, входящих в состав добавки.

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ВОЗВЕДЕНИИ АРХИТЕКТУРНЫХ СООРУЖЕНИЙ И ЗДАНИЙ ГОРОДА АРКАДАГ В ТУРКМЕНИСТАНЕ

Б. А. КУЛИЕВА, С. Д. ХАЛМУРАДОВ

Туркменский государственный архитектурно-строительный институт
Ашхабад, Туркменистан

В настоящее время в независимом и нейтральном Туркменистане под руководством уважаемого Президента Сердара Бердымухамедова проводятся крупномасштабные мероприятия по формированию национальной экономики инновационного характера, которая основана на поэтапном внедрении и использовании современной цифровой инфраструктуры во всех отраслях народного хозяйства. В результате реализации данной стратегии наблюдается устойчивый темп роста во всех сферах отечественного производства, что способствует значительному улучшению уровня жизни населения данного государства. Для систематического и долгосрочного практического внедрения вышеуказанных мероприятий разрабатываются специальные государственные программы по модернизации отдельно взятых секторов народного хозяйства, которые основаны на использовании новейших современных компьютерных технологий. Особое значение приобретают теоретические исследования по внедрению цифровых технологий при реализации строительства города Аркадаг Ахалском велаяте. Дорожная карта создания данного первого отечественного «умного города» опирается на научно-обоснованную, принятую на международном уровне концепцию «умный город», которая включает в себя всесторонний учет текущих потребностей различных городских систем обслуживания и прогноз развития в перспективе. Необходимо подчеркнуть, что структура изучаемой урбанизированной территории включает в себя шесть основных подсистем: географическую, политическую, техническую, интеллектуальную, социальную и экологическую, которые взаимосвязаны между собой и оказывают непосредственное влияние друг на друга. Технически информационно-коммуникационная система внедрения цифровых технологий в данном городе состоит из нескольких подсистем. Подсистемы с сенсорами и данными считаются наиболее важными, функционирующими на основе платформы сети Интернет. Эти подсистемы являются основным центром сбора данных в «умном городе», т. е. служат основой информационно-коммуникационной системы всех городских цифровых систем. Отдельная подсистема относится к сервисам. В современный период задачи сбора данных решаются с помощью решений промежуточного программного обеспечения (от англ. Smart Cities Moddlerware). Так, технологии межмашинного взаимодействия (от англ. M2M, Machine-to-Machine) позволяют приборам на высокой скорости обмениваться информацией друг с другом, например, на основе проводных и беспроводных систем датчиков.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МИКРОСТРУКТУРЫ ЭВТЕКТИЧЕСКОГО СИЛУМИНА, НАПЕЧАТАННОГО ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫМ АДДИТИВНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ И ИЗГОТОВЛЕННОГО ТРАДИЦИОННЫМ МЕТОДОМ ЛИТЬЯ

В. Р. УТЯГАНОВА, Н. Н. ШАМАРИН, А. В. ЧУМАЕВСКИЙ

Научный руководитель А. В. ФИЛИППОВ, канд. техн. наук
Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения РАН
Томск, Россия

Аддитивные технологии произвели революцию практически во всех отраслях промышленности благодаря высокой производительности, минимизации отходов сырья и возможности формировать изделия сложной геометрии [1]. Легкие сплавы Al-Si, близкие к эвтектическому составу, используются в конструкционных и функциональных целях в автомобильной и космической промышленности благодаря высокой теплопроводности, удельной прочности и коррозионной стойкости [2]. Целью данной работы было сравнение микроструктуры сплава АК12, полученного электронно-лучевым аддитивным производством (ЭЛАП), а также методом литья (рис. 1).

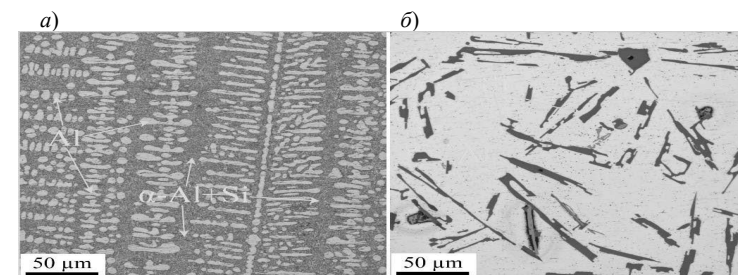


Рис. 1. Микроструктура сплава АК12, полученного ЭЛАП (а) и методом литья (б)

Микроструктура аддитивного силумина не имеет пор и представлена алюминиевыми дендритами, окруженными эвтектикой (см. рис. 1, а). Микроструктура сплава АК12, полученного литьем, представлена твёрдым раствором алюминия с пластинами кремния размером 50...100 μm (см. рис. 1, б).

Работа выполнена при поддержке государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (№ FWRW-2022-0004).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wire-Feed Electron Beam Additive Manufacturing: A Review / K. Osipovich [et al.] // Metals. – 2023. – Vol. 13. – 279 p.
2. Control of microstructural characteristics and mechanical properties of AlSi12 alloy by processing conditions of laser powder bed fusion / A. Suzuki [et al.] // Additive Manufacturing. – 2021. – Vol. 48. – 102383 p.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВАРОЧНОЙ ДУГИ ПРИ ПОДВОДНОЙ МОКРОЙ СВАРКЕ ПОКРЫТЫМ ЭЛЕКТРОДОМ

Ю. ГАО

Научный руководитель С. Г. ПАРШИН, д-р техн. наук, проф.
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Санкт-Петербург, Россия

Наблюдение за строением сварочной дуги при подводной мокрой сварке затрудняется интенсивным выделением аэрозолей и образованием пузырьков водорода при диссоциации воды. Прямое наблюдение через светофильтр, а также скоростная видеосъемка гравитационной подводной мокрой сварки на глубине 300 мм позволили уточнить физическую модель (рис. 1).

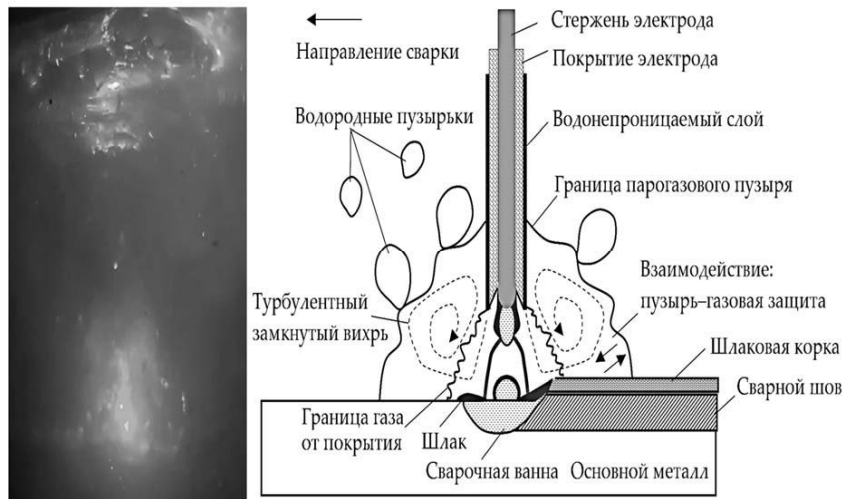


Рис. 1. Прямое изображение дуги и физическая модель подводной мокрой сварки покрытым электродом

Исследования плавления электродов показали, что на их торце образуется втулочка глубиной около 2...6 мм, что позволяет стабилизировать дугу и капельный перенос. Образование капель среднего размера происходит одновременно с образованием жидкой шлаковой фазы, которая покрывает каплю при её переносе от торца стержня в сварочную ванну. На поверхности сварочной ванны образуется шлаковый слой, который раздвигается дугой в зоне активного пятна. Образование парогазового пузыря происходит с частотой до 15 ед./с путем образования газовой смеси от испарения покрытия электрода, водорода и кислорода при разложении воды.

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ВЛАЖНОСТИ ГРУНТА ПРИ ОБРАБОТКЕ ГЕОРАДАРОГРАММ

Д. В. ИВАНОВ

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

Влажность грунта может привести к снижению глубины проникновения электромагнитных волн и ухудшению качества получаемых георадарограмм, что необходимо учитывать при обработке георадарных данных [1].

Максимальный контраст в диэлектрической проницаемости наблюдается между воздухом и водой. Сухие породы обычно имеют низкие значения диэлектрической проницаемости, а влагонасыщенные – высокие значения диэлектрической проницаемости и низкие значения скорости распространения электромагнитных волн. Важным параметром, характеризующим возможности применения метода георадиолокации, является удельное затухание Γ (табл. 1).

Табл. 1. Значения величины затухания Γ для некоторых типов сред

Тип среды	Влажность, %	Затухание Γ	
		дБ/м	раз/м
Пески разноразмерные	0	0,05	1
	8	3,5	1,5
Глина	0	0,3	1,04
	8	27	22,4
Суглинок серый	0	0,1	1,01
	20	26	20
Бетон	0	4,5	1,7
	5	19,3	9,2
	10	84	1600

Для минимизации влияния влажности среды на результаты георадарных исследований могут быть использованы различные методы и техники, а также их комбинации. Например, при интерпретации данных возможно применение специализированных алгоритмов обработки данных для улучшения качества изображений в совокупности с учетом диэлектрической проницаемости влажной среды.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов, Д. В. Граф обработки при георадарных исследованиях антропогенных отложений на урбанизированных территориях / Д. В. Иванов, Ю. Г. Москалькова, И. В. Гомелюк // Вестн. Полоцкого гос. ун-та. Сер. Ф. Строительство. Прикладные науки. – 2022. – № 8. – С. 54–62.

ЭФФЕКТИВНОЕ КОНСТРУКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ ПЛИТ ДЛЯ ХОЛОДНЫХ КРОВЕЛЬ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

А. А. ЗЕЛЕНКОВ

Научный руководитель И. С. КАЗАКОВА, канд. техн. наук, доц.
Вологодский государственный университет
Вологда, Россия

Цель работы заключается в разработке оптимального конструктивного решения шпренгельной панели покрытия размером в плане $1,5 \times 12$ м для промышленных и сельскохозяйственных зданий и сооружений и сравнение их по экономическим показателям с прогонным решением покрытия.

Для панели в качестве несущих настилов покрытий используются профили типа Н с высотой гофров 114 мм; для раскосов шпренгельной конструкции – стальные трубы; для предварительно напряженной затяжки – гладкий арматурный стержень. Поперечные балки, связывающие профнастил со шпренгельной системой, приняты из гнутого неравнополочного уголка. Все сечения элементов плиты покрытия принимаются и назначаются в ходе расчета конструкции. Атмосферные нагрузки (снеговые и ветровые) приняты для г. Вологды.

Расчет пространственной конструкции шпренгельной панели для холодной кровли производится с помощью ПО SCAD OFFICE. Задаются граничные условия, расчетная схема и расчетная модель плиты. Схема в программе задается как пространственная конструкция, у которой шпренгельная система содержит конечные элементы в виде стержней, а профилированный лист – конечные элементы в виде пластинок. Подбор оптимального конструктивного решения осуществляется за счет вариаций следующих параметров: типа профилированного листа; высоты шпренгельной конструкции; диаметра шпренгельной затяжки.

Сделан расчет винтовых соединений для крепления профлиста к шпренгельной конструкции, определены диаметр и количество самонарезающих винтов типа HD-X. Рассчитаны длины сварных швов и толщины опорных ребер и фасонки.

В результате проведенных исследований установлено, что покрытие с использованием шпренгельных панелей по расходу стали менее металлоемко (до 30 %), экономичнее по стоимости возведения (до 24 %) и требует меньших трудозатрат при монтаже (до 7 %) по сравнению с прогонным решением покрытия, хотя трудоемкость изготовления панелей выше на 32 %, но на строительной площадке этот показатель не столь важен.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗНОРОДНЫХ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТИТАНА И АЛЮМИНИЯ

А. В. ЕВЛАМПЬЕВ

Научный руководитель С. В. КУРЫНЦЕВ, канд. экон. наук, доц.
Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А. Н. Туполева – КАИ
Казань, Россия

Титановые сплавы широко применяются в промышленном производстве, судостроении и авиастроении, поскольку обладают низкой плотностью, высокой прочностью и коррозионной стойкостью. Одной из наиболее заинтересованных в использовании титана отраслей производства является авиастроение. Использование конструктивных деталей из титановых сплавов позволяет снизить массу конструкции летательного аппарата, повысить пожароустойчивость обшивки и устойчивость конструкции самолета. Сварные соединения из титанового и алюминиевого сплавов имеют большое значение и широкие перспективы для реализации облегченной конструкции и снижения стоимости. Например, панель крыла летательного аппарата, обшивка скоростного поезда, обшивка надводного судна могут быть изготовлены из разнородного сварного соединения титана и алюминия. Изготавливая панели летательного аппарата с применением разнородного алюминий-титанового сварного соединения, используется коррозионная стойкость, прочность и высокая температура плавления титана, а также малая плотность алюминия. При замене традиционной алюминиевой обшивки на титановую без потери прочности конструкции панели летательного аппарата масса конструкции снижается на 21,5 %, что позволяет уменьшить расход топлива и повысить массу перевозимого груза. В конструкции современных пассажирских самолетов рассматривается предложение о применении части обшивки крыла, находящейся между двигателем и фюзеляжем, из огнеупорного композиционного сотового металлического материала, изготовленного из титана и алюминия.

Проблема использования только алюминиевых сплавов в конструкции обшивки крыла заключается в том, что при пожаре двигателя огонь легко переходит на фюзеляж при приземлении и остановке воздушного судна, что даже при успешной посадке может привести к гибели пассажиров.

Заключение. Титановые сплавы представляют собой важный и перспективный материал для использования в различных областях промышленности, особенно в авиастроении. Низкая плотность, высокая прочность и коррозионная стойкость делают их идеальным выбором для конструкций летательных аппаратов, судов и других технически сложных систем. Особенно стоит отметить применение разнородных сварных соединений титана и алюминия, которые позволяют снизить массу конструкции без ущерба для прочности.

УДК 621.791

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ И МИКРОСТРУКТУР СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ МЕДИ СО СТАЛЬЮ, ПОЛУЧЕННЫХ РАЗЛИЧНЫМИ СПОСОБАМИ СВАРКИ

Д. Р. ЕРЕМЕЕВА, Р. А. ФАРАХУТДИНОВ

Научный руководитель С. В. КУРЫНЦЕВ, канд. экон. наук, доц.
Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А. Н. Туполева – КАИ
Казань, Россия

Коррозионные разрушения являются основной причиной аварий на магистральных трубопроводах. Различные способы защиты, такие как катодная защита, протекторная защита и электродренажная защита, используются для предотвращения коррозии и увеличения срока службы трубопроводов. В данном исследовании рассматриваются различные способы сварки выводов электрохимической защиты к стальным газопроводам, такие как ручная дуговая сварка, термитная и контактная точечная сварки. Наиболее распространенной считается термитная сварка, основанная на экзотермической реакции восстановления оксидов металлов. Термитная реакция сопровождается достижением высоких температур, способных расплавить соединяемые заготовки.

Целью исследования является повышение надежности электрохимической защиты газопровода путем получения качественного разнородного сварного соединения при приварке медных выводов электрохимической защиты к стальному газопроводу. Для достижения этой цели осуществлены задачи, включающие выполнение сварных соединений различными методами, проведение контроля качества, металлографических и механических исследований, анализ результатов и разработку рекомендаций. Результаты исследования предоставят новые данные для оптимального выбора метода сварки и повысят надежность магистральных газопроводов. Проведены исследования механических свойств и микроструктуры контрольных образцов, выполненных термитной, контактной точечной (конденсаторной) сваркой и дуговой штифтовой пайкой.

По результатам исследований определено, что дуговая штифтовая пайка обеспечивает получение качественного разнородного сварного соединения с минимальным термическим воздействием на основной материал газопровода с требуемыми технологическими и прочностными показателями. На основании полученных результатов исследований также разработаны рекомендации для заводов-изготовителей сварочного оборудования и организаций, выполняющих работы по приварке выводов электрохимической защиты.

УДК 621.9

РОЛЬ И ЗНАЧЕНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В РАЗВИТИИ ГОРОДА

А. М. ГОЛУШКОВ

Научный руководитель О. В. ГОЛУШКОВА, канд. техн. наук, доц.
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Транспортная инфраструктура города представляет собой комплекс транспортных коммуникаций, сооружений (вокзалы, терминалы, станции, остановочные пункты, остановки и др.) и систему городского транспорта, обеспечивающих перевозку грузов и пассажиров.

Городская транспортная инфраструктура может оказывать как положительное, так и отрицательное влияние на развитие города.

К основным направлениям, оказывающим положительное влияние на развитие города, можно отнести:

- 1) повышение мобильности населения;
- 2) стимулирование экономического и социального развития города;
- 3) обеспечение условий для развития экономической деятельности субъектов хозяйствования;
- 4) оказание качественных транспортных услуг при перемещении грузов и пассажиров;
- 5) повышение качества жизни населения.

Среди направлений, оказывающих отрицательное влияние, можно выделить:

- 1) ухудшение экологической ситуации;
- 2) рост числа дорожно-транспортных происшествий;
- 3) образование пробок и потерь времени, что обеспечивает снижение эффективности работы городского транспорта.

Таким образом, для минимизации отрицательного воздействия необходимо в первую очередь рационально планировать городскую транспортную инфраструктуру, т. е.:

- 1) установить цель формирования транспортной системы города;
- 2) определить на следующий год задачи;
- 3) выявить направления перемещения транспортных потоков в разрезе грузов и пассажиров;
- 4) проанализировать загрузку транспортных магистралей города;
- 5) оценить степень соответствия уровня развития транспортной инфраструктуры установленным задачам и цели;
- 6) разработать тактические мероприятия по достижению цели на плановый период.

МЕТОД ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ В ПРОЦЕССЕ МОДИФИКАЦИИ БИТУМА

Е. А. БУРЫКИН

Научный руководитель Л. В. КОНЧИНА, канд. физ.-мат. наук, доц.
Филиал «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Смоленске
Смоленск, Россия

Одним из наиболее экономически и экологически выгодным способом утилизации резинотехнических изделий может стать использование их для модификации строительных и дорожных материалов. Данный способ модификации позволяет повысить производительность асфальтобетонных смесей на основе битума, а также присутствие антиоксидантов и антистарителей в отработанной резине поможет обеспечивать повышение устойчивости вяжущего материала к окислительной деградации в условиях эксплуатации и замедлить процессы старения [1]. В связи с этим в данной работе разработан метод утилизации резинотехнических изделий с целью получения модифицированного битума.

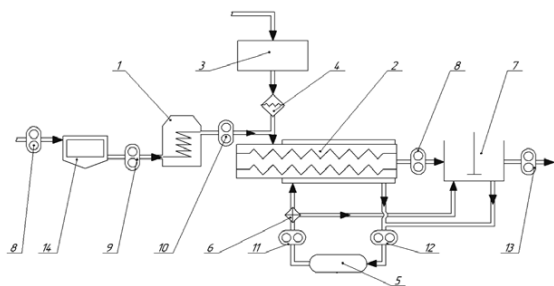


Рис. 1. Технологическая схема процесса модификации битума

В данной схеме сначала сырье направляется в битумный котел 1, где оно подогревается до 160 °C [1], после чего передается в смеситель 2. Резиновая крошка 3, в свою очередь, поступает в загрузочную зону с помощью дозатора 4. В смесителе при температуре 160 °C, поддерживаемой за счет подачи теплоносителя из масляной станции 5, происходит смешение, диспергирование, растворение резиновой крошки в битуме. Полученный модифицированный битум и поступает в обогреваемый бункер 7 для поддержания равномерного температурного поля и предотвращения расслоения композиции.

Таким образом, описанный метод утилизации резинотехнических изделий предлагает эффективную переработку отходов с целью получения резинобитумного материала.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. McNally, T. Polymer modified bitumen Properties and characterization / T. McNally. – Woodhead publishing, 2011. – 413 p.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ДУГОВОЙ СВАРКИ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКОЙ ПРИ ЕСТЕСТВЕННОМ И АКТИВНОМ ТЕПЛОТВОДЕ

В. С. КИМ, А. А. САЖАЕВ

Научный руководитель Р. С. МИХЕЕВ, д-р техн. наук, проф.
Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана
Москва, Россия

Безопасность использования магистральных трубопроводов – важная задача, т. к. их разрушение может привести к катастрофическим последствиям. Для этого необходимо проводить технологический контроль трубопроводов, включая ремонт. Применение ремонтных конструкций позволяет предотвращать остановку перекачки продукта. Однако по этой причине возникает необходимость учета дополнительного теплоотвода. При монтаже ремонтных конструкций широко применяют процесс механизированной сварки порошковой проволокой. Поэтому дополнительный теплоотвод влияет на температурно-временные условия процесса сварки, определяющие структуру и свойства сварного соединения.

В настоящей работе по результатам экспериментов получены сварочные термические циклы (СТЦ) и определены температурно-временные характеристики процесса сварки, а также измерены геометрические размеры валиков и твердость по линии сплавления сварных соединений (табл. 1).

Табл. 1. Основные характеристики СТЦ, геометрические размеры наплавленных валиков и твердость сварного соединения

Характер теплоотвода	$t_{8/5}$, с	$\omega_{6/5}$, град/с	Геометрический параметр наплавленного валика, мм			HV ₁₀
			Ширина	Толщина	Глубина проплавления	
Естественный	5,8	37,4	13,1	3,3	1,1	259,96
Активный	4,4	57,1	12,6	3,3	1,2	300,87

Установлено, что максимальные температуры нагрева образцов в процессе сварки с естественным и искусственным теплоотводом близки друг к другу (1050 °C). Однако процесс сварки с активным отводом тепла характеризуется меньшим на 24 % временем охлаждения в интервале температур от 800 °C до 500 °C ($t_{8/5}$) и в 1,6 раза большей скоростью охлаждения при температурах 600 °C...500 °C ($\omega_{6/5}$) по сравнению с таковым при естественном теплоотводе. В результате этого при наличии активного теплоотвода глубина проплавления незначительно возрастает, а наплавленные валики при сохранении значений толщины обладают меньшей шириной. Кроме того, за счет изменения структурно-фазового состояния твердость по линии сплавления увеличивается с 260 до 301 HV₁₀.

УДК 621.791.92

ЛЕГИРОВАНИЕ НАПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛЛА ТИТАНОМ ЧЕРЕЗ ФЕРРОТИТАН И КАРБОНИТРИД ТИТАНА В СОСТАВЕ ШИХТЫ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ

Н. В. КОБЕРНИК^{1,2}, А. С. ПАНКРАТОВ^{1,2}, Ю. В. АНДРИЯНОВ^{1,2}¹Научно-исследовательский центр «Сварка и контроль» при Московском государственном техническом университете имени Н. Э. Баумана²Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана
Москва, Россия

Одной из актуальных проблем промышленности на сегодняшний день является проблема абразивного износа. Интенсивное воздействие абразивной среды способствует преждевременному выводу оборудования из эксплуатации, что влечет за собой значительные экономические потери. Одним из способов продления ресурса является дуговая наплавка порошковыми проволоками. Основное преимущество порошковых проволок, по сравнению с проволоками сплошного сечения, – более широкий диапазон легирования наплавленного металла.

Для повышения стойкости к абразивному износу наплавленный металл легируют хромом, углеродом, бором, титаном и другими элементами, вводя их в шихту порошковых проволок через ферросплавы, карбиды и другие химические соединения [1–6].

Одним из перспективных химических элементов для легирования наплавленного металла является титан. Он способствует повышению твердости и износостойкости наплавленного металла. Введение титана в состав шихты порошковых проволок возможно через чистый порошок титана, ферросплав, карбид и другие химические соединения. Причем введение титана через тот или иной компонент шихты может характеризоваться различным влиянием на структуру и свойства наплавленного металла. Так, например, в предыдущих работах показано, что при введении в состав шихты порошковых проволок карбидов титана возможно легирование наплавленного металла по двум механизмам: *in-situ* и *ex-situ*. В данном случае наблюдалось частичное расплавление и сохранение карбида титана, что способствовало повышению твердости и износостойкости наплавленного металла [7–9].

Однако легирование наплавленного металла титаном возможно и через другие компоненты шихты. Одни из таких компонентов – это ферросплав титана и карбонитрид титана. Подход легирования титаном достаточно известный и существует множество работ в этом направлении [10–13]. Однако мало кто сравнивал различия в результатах легирования тем или иным компонентом.

В связи с этим основной целью данной работы является исследование влияния результатов легирования наплавленного металла титаном через карбонитрид титана и ферротитан, введенных в состав шихты порошковых проволок, на структуру и свойства наплавленного металла.

Для проведения исследования были изготовлены три экспериментальные порошковые проволоки: ПП-1, ПП-2 и ПП-3, системы легирования

УДК 625.7

ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

К. А. БОРИСОВА

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

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

В настоящее время интеллектуальные транспортные системы (ИТС) разрабатываются и внедряются во всем мире. Выполняется большое количество научных и практических работ организаций и научных исследователей по их расширению и адаптации под региональные, областные и городские особенности. В Республике Беларусь данные исследования и их практическое применение в большей степени курируются Министерством транспорта и коммуникаций. Одной из организаций, вносимой значимый вклад в разработку и применение ИТС в нашей стране, является РУП «Белдорсвязь». Рассматривая его региональные проекты, можно выделить создание системы управления и содержания дороги «Юго-западный обход г. Могилева», на котором были установлены пару табло переменной информации, системы видеонаблюдения за транспортными и пешеходными потоками, а также дорожно-измерительные станции (ДИС). Передача информации с данных систем в единый центр управления осуществляется по волоконно-оптическим линиям связи, что обеспечивает получение актуальной информации с минимальными задержками. Таких объектов в стране пока не так много. В основном автомобильные дороги оснащаются системами видеонаблюдения и ДИСами для контроля за показателями погоды и предупреждения водителей об опасных метеорологических явлениях (туман, снег, гололед и др.).

Применение ИТС даже с минимальным функционалом обеспечивает значительное снижение аварийности на дорогах от 10 % до 25 %. Если посмотреть данные о ДТП в Республике Беларусь за последние пять лет, то их количество составляет 534,5 тыс., в результате которых погибли 5645 чел., более 30,9 тыс. получили ранения, а экономический риск оценивался в районе 1,7 млрд долл. Использование ИТС позволило бы снизить количество ДТП на более чем на 50 тыс. и сохранить более 500 человеческих жизней, что показывает высокую актуальность данного вопроса и необходимость разработки мероприятий по разработке и массовому внедрению ИТС.

В рамках данного процесса на примере г. Могилева проводятся исследования существующей улично-дорожной сети, транспортных и пешеходных потоков на ней, выбора мест целесообразного применения отдельных элементов ИТС (светофоры с интеллектуальной системой управления, ДИСы, системы видеонаблюдения, знаки переменной направленности, измерительные системы и т. д.), с учетом экономической целесообразности, для снижения аварийности и обеспечения безопасности дорожного движения.

АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН С УЧЕТОМ СЛОИСТОГО СЛОЖЕНИЯ

Г. А. БЕКОВА

Туркменский государственный архитектурно-строительный институт
Ашхабад, Туркменистан

Прогресс в строительных отраслях народного хозяйства Туркменистана ведет к возрастанию объемов строительства, увеличению этажности и капитальности зданий и сооружений, росту масштабов земляных работ в просадочных грунтах, развитию сетей оросительных каналов и водоводов. В связи с этим повышаются требования к пониманию региональных особенностей лессовых пород, научному осознанию природы и механизма просадочных деформаций под действием естественных и антропогенных факторов. Эксплуатация лессовых грунтовых массивов в условиях Туркменистана осложняется еще одним существенным фактором, практически отсутствующим в других регионах, – высокой природной сейсмической активностью. При сейсмических воздействиях лессовые породы ведут себя своеобразно: в них наблюдаются местные приращения балльности сейсмического импульса, сейсмодислокации, сейсмические сели и просадки.

При сейсмических воздействиях грунтовые основания будут избирательно реагировать на спектр сейсмических колебаний. В этой связи представляет интерес рассмотреть спектры сейсмических колебаний в грунтах различного состояния. Были рассмотрены грунты трёх состояний:

- 1) грунты естественного состояния;
- 2) грунты, предварительно замоченные и уплотнённые пятилетними трамбовками;
- 3) грунты, уплотнённые глубинными и траншейными взрывами.

Для определения амплитудно-частотного спектра в зависимости от свойств грунтового основания воспользуемся результатами работы И. И. Гурвича. Радиус сферического излучателя зависит от массы заряда, взрыв которого излучает сейсмические колебания. В связи с тем, что регистрирующие приборы, применяемые для записи колебаний почвы, обычно записывают скорость смещения, целесообразно определить спектр скорости смещения $S_v(\omega)$.

Уплотнение основания с помощью глубинных и траншейных взрывов существенно снижает амплитуду спектра сейсмических колебаний и, следовательно, уменьшает сейсмическое воздействие на здание? построенное на таком основании. В диапазоне частот 0...40 Гц амплитуды спектра колебаний оснований различного состояния существенно отличаются по величине. В области частот 60 Гц и выше амплитудные спектры совпадают. Спектральный анализ колебаний грунтовых оснований подтверждает выводы, основанные на экспериментальных исследованиях изменения балльности.

Fe–C–Cr–Nb–B–Ti диаметром 2,2 мм. Химический состав порошковых проволок представлен в табл. 1.

Табл. 1. Химический состав порошковых проволок

Маркировка	Количество химических элементов, масс. %							
	Cr	C	B	Nb	Ti	N	Si	Fe
ПП-1	19,93	4,10	1,48	4,33	0,67	0,09	0,45	Ост.
ПП-2	19,93	3,94	1,48	4,33	0,33	–	0,51	
ПП-3	19,93	3,94	1,48	4,33	0,72	–	0,61	

Проволоки ПП-1, ПП-2 и ПП-3 отличаются наличием и количеством в составе шихты ферротитана, карбонитрида титана и карбоната калия. Проволока ПП-1 содержала в составе шихты 2 % TiCN и 3 % KCO₃. Проволоки ПП-2 и ПП-3 были изготовлены на базе проволоки ПП-1. Отличие проволоки ПП-2 заключалось в замене карбонитрида титана на ферротитан. В проволоке ПП-3 вместо карбонитрида титана и карбоната кальция был введен ферротитан.

Наплавку экспериментальных порошковых проволок выполняли полностью механизированным способом в смеси 82 % Ar + 18 % CO₂. Наплавку выполняли в три слоя на токе 320...350 А и напряжении 32 В со скоростью сварки 16 м/ч.

По результатам микроструктурного анализа установлено, что наплавленный металл порошковой проволокой ПП-1 в первом слое имеет доэвтектическую структуру с аустенитными дендритами, во втором и третьем слоях структура заэвтектическая с иглообразными карбидами хрома. Структура наплавленного металла порошковыми проволоками ПП-2 и ПП-3 отличается от наплавленного металла порошковой проволокой ПП-1. В первом слое обеих наплавов наблюдается мартенситная структура, во втором слое наплавленного металла порошковой проволокой ПП-2 – доэвтектическая, а при наплавке проволокой ПП-3 – заэвтектическая. В третьем слое у обоих образцов заэвтектическая структура с иглообразными карбидами хрома.

Отличие микроструктур наплавленного металла объясняется в первую очередь различным содержанием титана и азота в шихте порошковых проволок. Отношение Cr/C также различно (4,86 – для проволоки ПП-1; 5,06 – для проволок ПП-2 и ПП-3). Поскольку в проволоках ПП-1 и ПП-3 практически в 2 раза больше титана, чем в ПП-2, который является сильнейшим раскислителем, то это способствует предотвращению окисления углерода и дополнительному снижению отношения Cr/C. За счет этого в микроструктуре наплавленного металла проволоками ПП-1 и ПП-3 уже во втором слое наблюдается заэвтектическая структура с иглообразными карбидами хрома. Наличие в первом слое наплавленного металла проволокой ПП-1 доэвтектической структуры с аустенитными дендритами, вероятнее всего, связано с легированием наплавленного металла азотом.

Результаты показателей твердости наплавленного металла, приведенные в табл. 2, свидетельствуют о том, что с повышением содержания титана в наплавленном металле увеличивается и значение твердости. Однако при легировании наплавленного металла титаном через карбонитрид титана, введенного в состав шихты порошковой проволоки, одновременно происходит легирование

азотом, что способствует увеличению доли аустенита в структуре. За счет этого наблюдается снижение твердости наплавленного металла порошковой проволокой ПП-1, по сравнению с наплавленным металлом порошковой проволокой ПП-3, при их практически одинаковом содержании титана.

Табл. 2. Значения твердости наплавленного металла

Маркировка	Твердость наплавленного металла по шкале HRC		
	Первый слой	Второй слой	Третий слой
ПП-1	60	64	63
ПП-2	58	62	64
ПП-3	59	64	67

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Козырев, Н. А.** Эксплуатационные показатели новых порошковых проволок для наплавки / Н. А. Козырев, А. А. Усольцев, Р. Е. Крюков // Вестн. Рос. акад. естественных наук. Западно-Сибирское отд-ние. – 2019. – № 22. – С. 85–105.
2. **Гусев, А. И.** Влияние введения вольфрама и хрома на свойства металла, наплавленного порошковой проволокой системы Fe–C–Si–Mn–Mo–Ni–V–Co / А. И. Гусев, Н. А. Козырев, Н. В. Кибко // Заготовительные производства в машиностроении. – 2019. – Т. 17, № 2. – С. 56–60.
3. **Eremin, E. N.** Tribological properties and wear resistance of the metal deposited by chromium flux-cored wire with carbide-boride alloying / E. N. Eremin // IOP Conference Series: Journal of physics. – 2020. – Vol. 1441. – Art. 012004.
4. **Wang, Y.** Microstructure and property of tungsten carbide particulate reinforced wear resistant coating by TIG cladding / Y. Wang // International Journal of Refractory Metals and Hard Materials. – 2021. – Vol. 100. – P. 105598–105633.
5. Влияние карбида кремния, вводимого в шихту порошковой проволоки, на структуру наплавленного металла / Н. В. Коберник [и др.] // Металлург. – 2023. – № 2. – С. 70–75.
6. **Kobernik, N. V.** Application of chromium carbides in surfacing materials intended for obtaining of abrasion resistant coatings / N. V. Kobernik, A. S. Pankratov, R. S. Mikheev // Vestnik Mashinostroyeniya. – 2020. – № 9. – P. 64–68.
7. **Лившиц, Л. С.** Основы легирования наплавленного металла / Л. С. Лившиц, Н. А. Гринберг, Э. Г. Куркумелли. – Москва: Машиностроение, 1969. – 188 с.
8. Формирование композиционной структуры системы Fe–Cr–C + TiC при дуговой наплавке с применением присадочной порошковой проволоки / Н. В. Коберник [и др.] // Заготовительные производства в машиностроении. – 2022. – Т. 20, № 12. – С. 536–544.
9. **Коберник, Н. В.** Исследование влияния TiC и NbC, вводимых в шихту порошковых проволок, на формирование композиционной структуры наплавленного износостойкого покрытия / Н. В. Коберник, А. С. Панкратов, Ю. В. Андриянов // Вестн. Пермского нац. исслед. политехн. ун-та. Машиностроение, материаловедение. – 2023. – Т. 25, № 2. – С. 5–15.
10. **Bembenek, M.** Microstructure and Wear Characterization of the Fe–Mo–BC – Based Hardfacing Alloys Deposited by Flux-Cored Arc Welding / M. Bembenek // Materials. – 2022. – Vol. 15, № 14. – P. 5074–5096.
11. **Вайцехович, С. М.** Легирование сталей аустенитно-мартенситного класса наноразмерными порошковыми модификаторами / С. М. Вайцехович, А. И. Кузин, Е. А. Мысливцев // Вестн. НПО Техномаш. – 2020. – № 1 (10). – С. 56–68.
12. **Соколов, Г. Н.** Влияние азота и частиц карбонитрида титана на структуру и свойства металла системы Fe–C–Cr–Ni–Mo, наплавленного порошковой проволокой / Г. Н. Соколов, А. А. Артемьев, Ю. Н. Дубцов // Омский науч. вестн. – 2018. – № 2 (158). – С. 15–19.
13. **Литвиненко-Арьков, В. Б.** Структура и свойства термостойкого металла, наплавленного порошковыми проволоками с наночастицами TiCN / В. Б. Литвиненко-Арьков, Г. Н. Соколов, Ф. А. Кязымов // Изв. Волгоградского гос. техн. ун-та. – 2012. – № 9 (96). – С. 194–197.

УДК 629.113

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАДНЕГО МАЯТНИКА МОТОЦИКЛА

А. В. ЮШКЕВИЧ

Научный руководитель А. С. МЕЛЬНИКОВ, канд. техн. наук, доц.

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Проектирование заднего маятника мотоцикла является сложной задачей, которая требует учета множества факторов.

На данный момент существует несколько вариантов конструкций заднего маятника, а именно Н-образная, П-образная и маятник с консольным креплением заднего колеса. Форма заднего маятника, а также способ крепления амортизационных стоек и их количество, оказывают существенное влияние на устойчивость, управляемость, комфорт и маневренность мотоцикла при различных режимах движения.

Первоначальным этапом проектирования является определение основных параметров заднего маятника исходя из характеристик мотоцикла: вид, класс, назначение, скоростные и динамические показатели и условия эксплуатации. Все вышеперечисленные показатели будут непосредственно влиять на форму и профиль, наличие внутренних ребер жесткости, габаритные размеры, расположение крепления амортизационной стойки и их количество, способ крепления колеса, наличие либо отсутствие системы соединений в амортизационной стойке.

На завершающем этапе проектирования необходимо произвести прочностные расчеты, учитывая тот фактор, что задний маятник испытывает сложное нагружение, соответственно, он должен обладать достаточной прочностью при относительно низкой массе, т. к. относится к неподрессоренной массе мотоцикла. Несоблюдение данных факторов приведет к ухудшению устойчивости мотоцикла, снижению плавности хода подвески, нарушению баланса между передней и задней осью, снижению управляемости, комфортабельности и маневренности, а пренебрежение прочностными показателями могут увеличить вероятность аварийности.

С учетом вышеперечисленных факторов и на основании изложенной методики был спроектирован задний маятник для мотоцикла «Минск СХ 200», который обладает достаточной прочностью при относительно низкой массе.

ВОЛНОВОЙ СМЕСИТЕЛЬ-AKТИВАТОР ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ФОРМОВОЧНОЙ СМЕСИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СИЛИКАТНОГО КИРПИЧА

Ю. М. ХАРИТОНОВ

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

Одним из направлений для решения проблемы приготовления высококачественных формовочных смесей при производстве силикатного кирпича является использование волнового смесителя-активатора [1].

В отличие от двухвального лопастного смесителя, используемого в линии по производству силикатного кирпича, волновой смеситель-активатор имеет ряд преимуществ, таких как простота, технологическая универсальность, удобство в обслуживании и ремонте. Кинематическая схема приведена на рис. 1.

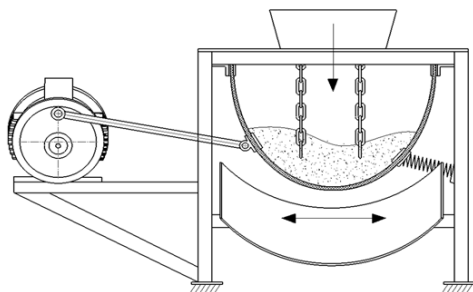


Рис. 1. Волновой смеситель-активатор

Концепция смесителя основана на использовании цепных интенсификаторов процесса, рабочих камер технологических аппаратов (кинематически деформируемых, волновых, гибких) и составных оболочек, внутренние поверхности или элементы которых способны воздействовать на перерабатываемую среду с максимальной адаптивностью при проведении процессов смешивания материалов [2].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Харитонов, Ю. М. Смеситель принудительного действия с деформируемой рабочей камерой / Ю. М. Харитонов, Л. А. Сиваченко // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: тез. докл. Междунар. науч.-техн. конф. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2021. – С. 196–197.
2. Смеситель непрерывного действия: заявка ВУ 20210284 / Л. А. Сиваченко, Ю. М. Харитонов. – Опубл. 27.09.2023.

О НЕКОТОРЫХ ПРОБЛЕМАХ ПРИ СВАРКЕ В СМЕСЯХ ЗАЩИТНЫХ ГАЗОВ СТАЛИ А 335 GRADE P91

А. А. КОРОТЕЕВА¹, Е. А. ФЕТИСОВА¹

Научный руководитель Ф. И. ПАНТЕЛЕЕНКО², д-р техн. наук, проф.,
чл.-корр. НАН Беларуси
¹Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь
²Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

В настоящее время сталь А 335 Grade P91 используется при создании паровых котлов и энергетических установок, предназначенных для перегретого или насыщенного пара. Её применение обосновывается эффективной способностью материала воспринимать действия циклического переменного поля. Это напрямую связано со способностью стали А 335 GRADE P91 выдерживать необходимую при эксплуатации рабочую нагрузку при высокой температуре, которую удалось повысить за последние годы с 500 °С до 650 °С. При этом в ЗТВ сварного соединения материала происходят образование пластичных фаз, сток дислокаций, карбидные превращения и пластическая деформация, которые являются основными проблемами образования трещин четвертого типа, приводящих к разрушению. Стоит отметить, что пластическая деформация, или так называемая «ползучесть», будет образовываться в стали А 335 GRADE P91 из-за её работы в вышеперечисленных условиях, даже если нагрузка меньше предела текучести металла.

Сталь А 335 GRADE P91 является жаропрочной, среднелегированной и низкоуглеродистой. Комплекс её механических свойств обуславливается прокаткой в горячем состоянии, что в совокупности с контролем скорости охлаждения обеспечивает оптимальную структуру. Под действием температурных преобразований при сварке структура материала меняется в околошовной зоне. Инертная газовая среда при дуговой сварке приводит к росту чувствительности материала к загрязнениям образованных на кромках деталей и промежуточных слоях. Поэтому данный материал подвержен образованию трещин, вызванных диффузионной подвижностью водорода. Борьба с диффузионно-подвижным водородом можно, связывая его в нерастворимые в жидком металле соединения. Например, путем добавления в защитный газ при дуговой сварке галогенидного соединения SF₆.

Для повышения способности материала противостоять пластической деформации после сварки нужно провести нормализацию изделия с регламентированным нагревом до аустенитного состояния при постепенном нагреве изделия до 600 °С...680 °С. После нагрева изделие должно выдерживаться в печи при этой температуре не более трехмин при расчёте на 1 мм толщины. При соблюдении технологии остаточное напряжение должно сниматься практически полностью.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКИ

А. А. ЛЕЖАВА¹

Научный руководитель Ф. И. ПАНТЕЛЕЕНКО², д-р техн. наук, проф.,
чл.-корр. НАН Беларуси

¹Филиал «Индустриально-педагогический колледж»

Республиканского института профессионального образования

³Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Технологии лазерной обработки металла с каждым годом набирают популярность и интерес в различных сферах. В мировом рейтинге производства и экспорта лазеров преобладают Китай, Япония, Германия, США, Великобритания, а также Россия. Основываясь на данные рынка продаж в промышленности, лазерная резка занимает лидирующие позиции – 72 %, сварка занимает второе место – 24 %, остальные виды – это лазерная наплавка, аддитивные технологии, лазерное упрочнение, лазерная чистка металла и другие – составляют всего лишь 4 %. Взяв во внимание тему лазерной наплавки, как родителя аддитивных технологий, можно сказать, что в России она имеет слабое развитие, не говоря уже о существовании данной технологии в Беларуси. На лидеров технологического развития, таких как США, Китай, Германия, Япония, Великобритания, Япония, в сумме приходится более 50 % от мирового рынка аддитивного производства. И только до 1 % рынка приходится на долю России.

Основное преимущество лазерных технологий при обработке металлов – это бесконтактное воздействие энергии высокой концентрации на малую площадь за короткий промежуток времени, что, в свою очередь, значительно уменьшает зону термического влияния. Как следствие, на структуру металла в ЗТВ оказывается минимальное воздействие, напряжения после термического цикла минимальны.

Лазерная наплавка представляет собой точное и целенаправленное с дозированным тепловложением нанесение присадочного материала на материал подложки, которые сплавляются с помощью лазерного луча. Наплавленный слой может приобретать улучшенные свойства, такие как повышенная износостойкость, коррозионная стойкость, стойкость к окислению, твердость и другие в зависимости от наплавляемого материала.

Лазерная наплавка может выполняться с помощью порошковых, газопорошковых присадок и проволоки. Подача в зону плавления присадочного материала может быть коаксиальная (через сопло), латеральная (по трубке)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА
В КАЧЕСТВЕ СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ФЕРРАТА НАТРИЯ

А. А. САРАНЦЕВА

Научный руководитель Е. Н. КУЗИН, канд. техн. наук, доц.
Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева
Москва, Россия

В наше время автомобильный транспорт используется практически повсеместно. С каждым годом наблюдается заметное увеличение автопарка, что, соответственно, ведет к росту потребления металлопродукции. Помимо того, что использование автомобильного транспорта наносит вред атмосфере, серьезное негативное влияние оказывают выведенные из эксплуатации автомобили.

С целью улучшения состояния окружающей среды и экономии природных ресурсов необходимо внедрять новые методы переработки различных отходов автомобильной промышленности с получением ценных вторичных материалов.

Как известно, основными отходами автомобильного транспорта являются низкоуглеродистая сталь и железо. В зависимости от марки машины их содержание колеблется от 65 % до 72,2 % от массы всего автомобиля.

Железо – наиболее крупный «отход» автомобильной промышленности, может быть использовано для получения ценного реагента – феррата натрия. Данное соединение имеет высокий потенциал использования в процессах очистки сточных вод в качестве реагента-окислителя. Феррат-анион способен окислять сложные органические молекулы, при этом не образуя опасных веществ [1].

Электрохимический метод получения данного соединения является самым эффективным и экономически выгодным. В соответствии с ним металлические пластины погружают в раствор щелочи и подают электрический ток. Синтез феррат-аниона происходит в результате анодного растворения железа в соответствии с уравнением



Таким образом, получение феррата натрия в качестве одного из способов переработки отходов автомобильного производства является крайне перспективным, т. к. данный метод позволяет снизить объем образующихся отходов, тем самым сокращая площади, занимаемые полигонами. Кроме того, продукт переработки железа в соответствии с данным способом позволяет получить феррат натрия – реагент-окислитель, имеющий высокий потенциал использования в процессах очистки сточных вод.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Jiang, J. Q.** Research progress in the use of ferrate (VI) for the environmental remediation / J. Q. Jiang // Journal of Hazardous Materials. – 2007. – Vol. 146, № 3. – P. 617–623.

ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ АВТОСЕРВИСА ПО ТО И ТР АВТОМОБИЛЕЙ С ГИБРИДНЫМИ СИЛОВЫМИ АГРЕГАТАМИ

А. В. РОГОЖИН

Научный руководитель О. В. БИЛЫК, канд. техн. наук, доц.
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Массовое производство электромобилей (BEV + PHEV) является источником новых технологий не только в автомобилестроении, но и в техническом обслуживании транспортных средств (далее – ТС). В 2022 г. практически каждую неделю очередная компания объявляла о собственных сроках перехода на выпуск исключительно электротранспорта. Согласно [1], среди мировых компаний-производителей электромобилей безусловным лидером рынка является BYD, далее следуют Tesla и SAIC. По данным Министерства энергетики в Республике Беларусь количество электромобилей за предыдущий период (за 2022 г.) удвоилось и достигло 10 тыс. ед. Увеличился парк и общественного электротранспорта – в городах Беларуси насчитывается более 100 электробусов.

Для поддержания в технически исправном состоянии ТС необходимо развитие и совершенствование производственно-технической базы (далее – ПТБ) по техническому обслуживанию и ремонту электромобилей (BEV + PHEV).

По результатам обзора исследований, посвященных производству и обслуживанию электромобилей [2, 3], установлено, что существенное влияние на выбор и обоснование исходных данных для проектирования ПТБ автосервиса по ТО и ТР электромобилей оказывает конструкция основных компонентов гибридных автомобилей. На этапе выбора и обоснования данных при проектировании ПТБ автосервиса, с учетом СТБ 1641–2006 *Транспорт дорожный. Требования к техническому состоянию по условиям безопасности движения. Методы проверки*, соблюдение упомянутых требований также влияет на оснащенность рабочих постов технологическим оборудованием и разработку технологической документации для процессов ТО и ТР ТС.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Global EV Outlook 2023. Catching up with climate ambitions [Electronic resource]. – Mode of access: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/dac14d2-eabc-498a-8263-9f97fd5dc327/GEVO2023.pdf>. – Data of access: 25.01.2023.
2. Технологии ремонта и обслуживания гибридных автомобилей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://abs-magazine.ru/article/tehnologii-remonta-i-obslujivaniya-gibridnih-avtomobiley>. – Дата доступа: 01.02.2022.
3. Комбинированные энергетические установки транспортных средств / Е. Е. Баулина [и др.]. – Москва: Тракторы и сельхозмашины, 2014. – 105 с.

и радиальная. Материалами для наплавки могут быть металлические порошки (никель, титан, алюминий, кобальт), керамические порошки (глинозем, диоксид циркония, карбид кремния), присадочная проволока (нержавеющая сталь, сплавы на основе никеля, кобальта).

По длительности воздействия лазерного излучения на материалы наплавка бывает непрерывной, которая характеризуется высокой производительностью, и импульсной, где необходимы минимальная зона воздействия и высокая скорость протекания процесса.

Наплавка может осуществляться как автоматически, на станках и роботизированных комплексах, так и вручную.

К преимуществам лазерной наплавки относятся: точная дозировка энергии; локальность и минимальное время воздействия импульса лазерного излучения на материал; высокая адгезия наплавляемого материала; минимальное смешивание наплавляемого и основного материала; возможность корректировать физико-химические свойства наплавленного слоя; отсутствие деформации восстанавливаемого материала.

Недостатки заключаются в малой производительности процесса, низком КПД и в дорогостоящем оборудовании.

Для лазерной наплавки необходимо применять лазеры высокой мощности. Они могут обеспечить достаточную плотность энергии и эффективно расплавлять материал на подложке. Наиболее распространенными типами лазеров, используемых для лазерной наплавки, являются СО₂-лазеры, YAG-лазеры и волоконные лазеры.

В последнее время рынок завоёвывают волоконные лазеры, составляя численность более половины среди других лазеров. Волоконные лазеры имеют высокое качество излучения, высокий КПД (до 30 %...40 %), возможность глубокого регулирования излучения по мощности, частоте и длительности импульсов, возможность передачи излучения на значительные расстояния (несколько десятков метров), минимальные вес и габариты, надёжность, долговечность и низкие эксплуатационные расходы.

Восстановление наплавкой деталей машин в местах повышенного износа (поверхности вращения), наплавка износостойких участков трубопроводов в нефтегазовой и химической промышленности, наплавка лопастей в энергетике и авиастроении, наплавка мест износа вырубных штампов и различных других элементов всегда представляет собой научно-практический интерес. С развитием технологий лазерной обработки материалов интенсивно открываются и дополнительные возможности широкого и эффективного применения лазеров для наплавки в различных сферах и отраслях, а также проведения научно-исследовательских работ.

УДК 621.791

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ РАБОЧЕГО КОЛЕСА ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЕНТИЛЯТОРОВ И ДЫМОСОСОВ

Е. Н. ЛЮБЫХ

Научный руководитель М. Н. СЕЙДУРОВ, канд. техн. наук, доц.
Алтайский государственный технический университет имени И. И. Ползунова
Барнаул, Россия

Рабочие колеса промышленных вентиляторов и дымососов – основные, максимально нагруженные элементы вентиляционных агрегатов, которые с помощью перемещаемого воздуха способны передавать энергию от электродвигателя вентилятора. Ступица крепится к диску основному и диску с помощью 24 заклепок. Диск основной и диск соединяются между собой также 24 заклепками. Лопатки в количестве 24 шт. привариваются к диску покрывному и диску основному тавровым соединением типа Т1 по ГОСТ 5264–80.

В качестве основного материала используется сплав марки 06ХН28МДТ по ГОСТ 5949–2018. В базовой технологии сварки рабочего колеса применяется ручная дуговая сварка электродами марки ОЗЛ-37-2 по ТУ 14-168-31–79. Особые свойства заключаются в получении металла шва с высокой общей коррозионной стойкостью и стойкостью к межкристаллитной коррозии при испытаниях по методу ВУ ГОСТ 6032–89. Для сварки лопаток к диску основному и диску покрывному на ООО «Сибэнергомаш-БКЗ» используется сварочный выпрямитель инверторного типа с микропроцессорным управлением TransSynergic 5000 (FRONIUS International GmbH, Австрия). Тем не менее ручная дуговая сварка покрытым электродом проигрывает механизированной сварке в среде защитных газов по ряду причин, а именно:

- 1) значительно уступает по скорости сварки;
- 2) постоянно требует зачистки сварного шва от шлака;
- 3) дает большие потери при неполном догорании остатка электрода, где, по статистике, на каждый килограмм приобретенных покрытых электродов только около 65 % идет на сварной шов, а остальное выбрасывается.

Для усовершенствования базовой технологии сварки рабочего колеса предлагается заменить ручную дуговую сварку покрытым электродом на механизированную сварку в среде защитных газов. Это позволит:

- 1) повысить производительность и устойчивость процесса сварки;
- 2) улучшить защиту расплавленного металла от воздействия кислорода и азота окружающего воздуха;
- 3) уменьшить зону термического влияния, следовательно, снизить воздействие деформаций, возникающих при сварке.

УДК 629.113

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМЫ АКТИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ МОТОЦИКЛА

М. Л. ПЕТРЕНКО

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

Безопасность движения является важным фактором при совершенствовании конструкции современных мотоциклов. Увеличение количества мотоциклов в общем транспортном потоке приводит к необходимости развития их систем безопасности.

Существующие системы активной безопасности управляются на основе алгоритмов, использующих источники информации о кинематических параметрах движения мотоциклов. В качестве альтернативы были предложены источники информации на основе силовых факторов, возникающих в пятне контакта колеса с опорной поверхностью [1].

Алгоритм управления системы активной безопасности мотоцикла для обеспечения функционирования в различных режимах использует источники информации на основе силовых факторов, отслеживая максимально возможное количество состояний мотоцикла в режиме торможения в зависимости от режима движения и скорости [2].

Скорость движения мотоцикла влияет на вероятность потери устойчивости и управляемости.

Алгоритм управления системы активной безопасности мотоцикла, отслеживающий величины развиваемого тормозного момента, боковых сил и нормальных сил в пятне контакта колеса с опорной поверхностью, для управления процессом торможения при различных дорожных ситуациях, должен отслеживать угол наклона корпуса мотоцикла, угол поворота рулевого колеса и величину нормальных реакций в пятне контакта заднего колеса с опорной поверхностью.

Обеспечение алгоритма управления системы активной безопасности мотоцикла достоверными данными от источников информации, использующих в качестве данных первичную производную на основе силовых величин, позволяет управлять процессом торможения с высокой точностью при различных дорожных условиях. Разработанный алгоритм на основе силовых факторов позволяет обеспечить конкурентоспособность выпускаемой продукции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ким, В. А. Методология создания адаптивных САБ АТС на основе силового анализа: монография / В. А. Ким. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2003. – 346 с.
2. Система активной безопасности: пат. ВУ 9363 / И. С. Сазонов, В. А. Ким, А. С. Мельников, М. Л. Петренко, А. В. Юшкевич. – Опубл. 30.08.2013.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД ПОЛИМЕРНЫМИ ФЛОКУЛЯНТАМИ

Т. И. НОСОВА

Научный руководитель Е. Н. КУЗИН, канд. техн. наук, доц.
Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева
Москва, Россия

Автомобилестроение – одна из крупнейших отраслей промышленности, наносящая наиболее тяжелую антропогенную нагрузку на гидросферу. Одними из базовых загрязнителей в составе сточных вод эксплуатации и производства автотранспорта являются нефтепродукты, ПАВ и механические примеси. И, несомненно, ключевой стадией очистки остается физико-химическая с применением флокулянтов, которые позволяют повысить качество очищенной воды. Основной целью исследования стало определение наиболее подходящего флокулянта для процесса очистки сточных вод от эмульгированных нефтепродуктов и механических примесей.

Эксперимент проводили по методу «Джар-теста». В работе были использованы 0,1 масс. % растворы флокулянтов марки «Гидрайзер®» (ООО «Полимер-Системс»). Объектом исследования выступал нефтесодержащий сток (содержание нефтепродуктов – 500 мг/л, мутность – >1000 NTU). Результаты представлены в табл. 1.

Табл. 1. Результаты эксперимента

Флокулянт	Заряд, %	Мг, млн	С (0,1 % р-ра), мл/л	Мутность на выходе NTU
Гидрайзер 8127	25	8...11	1	18,8
Гидрайзер 8164	25	11...13	1	13,5
Гидрайзер 8109	30	5...7	1	17,1
Гидрайзер 8165	30	11...13	1	15,4
Гидрайзер 8121	35	7...9	1	19,7
Гидрайзер 8166	35	11...13	1	18,2
Гидрайзер 8107	55	5...7	1	>1000
Гидрайзер 8125	70	7...9	1	>1000

Как видно из данных табл. 1, высокая степень очистки достигается при использовании высокомолекулярного катионного флокулянта со средней степенью заряда, что обусловлено лучшей адсорбцией макромолекул полимера на отрицательно заряженных частицах нефтепродуктов и механических примесей. С добавкой «Гидрайзер 8164» степень очистки от нефтепродуктов составила 95 % (содержание нефтепродуктов в отчищенном стоке было 25 мг/л) и 99 % от взвешенных веществ. Так, применение флокулянтов позволит упростить последующие стадии очистки и снизить антропогенную нагрузку на гидросферу.

ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТА СВАРКОЙ ПОЛЫХ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ КОРОБЧАТОГО СЕЧЕНИЯ

М. И. ПЯТКОВ

Научный руководитель В. А. ТАТАРИНЦЕВ, канд. техн. наук, доц.
Брянский государственный технический университет
Брянск, Россия

Цель исследования – выбор ремонтных технологий для полых литых корпусов коробчатого сечения. Такие сечения имеют широкое распространение при изготовлении деталей запорной арматуры (корпуса задвижек, кранов, вентилях), элементов подвижного состава (корпус автосцепки, боковая рама и надрессорная балка тележки вагона). На стадии производства (технологические дефекты) и в эксплуатации при ремонтных работах (эксплуатационные дефекты) исправляются в зависимости от места их расположения и объема выбранного металла при разделке дефекта или его удельной площади.

Циклическую прочность отливок без дефектов и с исправленными дефектами исследовали на полых образцах коробчатого сечения 145×135 мм с толщиной стенок 22 мм. На образцах путем фрезерования моделировалась механическая разделка дефекта. Изменяя длину и ширину выемки при глубине 12 мм, получены следующие объемы наплавляемого электродом Э50А УОНИИ-13/55 после разделки дефекта металла: $V = 3 \text{ см}^3$, 6 см^3 , 12 см^3 . На сварной шов части образцов накладывали отжигающий валик, который затем удаляли шлифовальным кругом. Результаты испытаний образцов представлены на рис. 1.

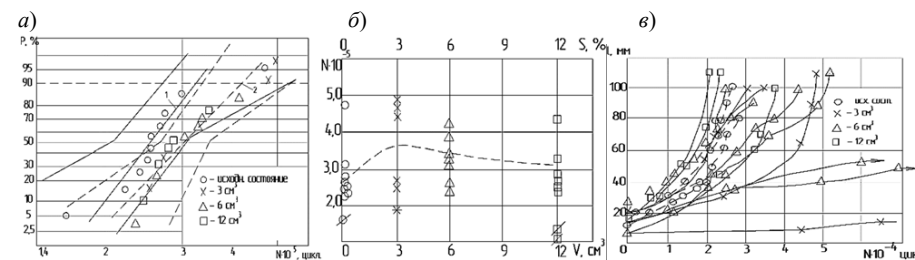


Рис. 1. Результаты испытаний на усталость образцов без дефектов 1 – $\circ$, с объемами заварки 2 – 3 см^3 ($\times$), 6 см^3 (Δ), 12 см^3 ($\square$): а – распределение долговечности до появления трещины на логарифмически нормальной вероятностной бумаге; б – зависимость долговечности от объема заварки; в – развитие трещин до разрушения. Перечеркнуты – дефектные образцы

Усталостные испытания показали, что статистически значимое различие между бездефектными и заваренными образцами отсутствует из-за создания благоприятных остаточных сварочных напряжений, снижающих рабочие. Применение отжигающего валика эффективно только при объеме заварки 3 и 6 см^3 .

УДК 621.791.763.2

ОСОБЕННОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН МЕТОДОМ ДУГОВОЙ НАПЛАВКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТЫХ ПРОВОЛОК

К. Н. СЕРДЮКОВА, В. Д. ДОЛГАЯ

Научный руководитель А. О. КОРОТЕЕВ, канд. техн. наук, доц.
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В процессе эксплуатации деталей машин различного назначения нередко возникает необходимость выполнения восстановительного ремонта. Экономически целесообразно использование технологий позволяющих восстановить изношенные поверхности изделий без полной замены узлов. Однако зачастую такие поверхности и узлы изготавливаются из углеродистых сталей, характеризующихся определенными сложностями выполнения сварочных и наплавочных работ. Повышенное содержание углерода в основном материале требует выполнения термической обработки и ограничивает тип используемых присадочных материалов. В противном случае присутствует высокая вероятность образования трещин, вызванных совокупностью больших внутренних напряжений из-за неравномерного нагрева и наличия непластичных хрупких закаленных участков в области термического влияния, неспособных эти напряжения выдержать без локальных разрушений.

Эффективной технологией выполнения ремонтных работ является использование аргонодуговой сварки с применением пружинных углеродистых проволок. Проводился ряд экспериментальных исследований, цель которых – установить оптимальные условия образования наплавленного слоя без дефектов.

Установлено, что при наплавке пружинными проволоками 3К7 и сталь 85 процесс протекает стабильно. Кипения и разбрызгивания материала в процессе наплавки не наблюдается. В то же время сталь 70 при наплавке второго слоя начинает закипать с интенсивным газообразованием из расплавленной ванны, что в результате приводит к большому скоплению пор уже на третьем слое наплавки.

Твердость наплавленных пружинных проволок до термической обработки составила: для 3К7 (48...51 HRC); сталь 85 (37...43 HRC); сталь 70 (30...36 HRC). Термическая обработка проводилась при температурах, соответствующих данным маркам, с последующей закалкой в воде и низкотемпературным отпуском для обеспечения требуемого уровня значений твердости и хорошей износостойкости ремонтируемой детали. Для термообработки использовалась печь SNOL 30/1300. Твердость после термической обработки всех сталей, наплавленных на предварительно подготовленную пластину, составила: для 3К7 (51...59 HRC); сталь 85 (56...62 HRC); сталь 70 (40...45 HRC).

На представленных схемах (см. рис. 1) приведены наиболее часто встречаемые варианты разрушения частиц.

Схема *а*. Раздавливание. Частица разрушается за счёт сжимающего нагружения.

Схема *б*. Истирание путем среза единичным стержнем. Разрушение частицы происходит при её заклинивании между опорной поверхностью и параллельно движущимся относительно её стержнем.

Схема *в*. Ударно-режущий механизм единичным стержнем. Разрушение частицы происходит при свободном ударе по ней стержнем.

Схема *г*. Ударно-режущий механизм группой стержней. Разрушение происходит с одновременным срезом по нескольким плоскостям.

Схема *д*. Истирание группой стержней. Разрушение частиц происходит при их заклинивании между опорной поверхностью и параллельно движущимися относительно её стержнями путём среза по нескольким плоскостям.

Схема *е*. Межстержневое сжатие. Разрушение частицы сжатием происходит между соседними сближающимися стержнями.

Схема *ж*. Ударно-раскалывающий механизм разрушения частиц единичным стержнем. Разрушение происходит проникновением стержня в тело частицы и вырыванием из неё отдельных фрагментов.

Схема *з*. Ударно-раскалывающий механизм разрушения частицы группой стержней. Разрушение происходит одновременным проникновением стержней в тело частицы или нескольких частиц и вырыванием из них множества отдельных фрагментов.

Представленные варианты разрушения необходимо правильно сочетать с конкретными рабочими звеньями, условиями переработки материала, видом приводного механизма и другими условиями их работы. Их оценка показывает, что наиболее эффективными являются свободный удар, истирание, срез и их сочетания.

В качестве материала для изготовления стержневых элементов рекомендуется использовать стальную проволоку круглого сечения по ГОСТ 2333–80 диаметром от 0,1 до 10,0 мм. Для этих целей подходит проволока стальная углеродистая пружинная по ГОСТ 9389–75. Для создания крупных помольных машин в качестве стержневых элементов для рабочих органов типа иглофрез вполне применимы отрезки канатов, которые в полной мере отвечают изложенным ранее требованиям [1].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Интенсификация технологических процессов в аппаратах адаптивного действия: монография / Л. А. Сиваченко [и др.]. – Барановичи: Баранович. гос. ун-т, 2020. – 359 с.

ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЕДИНИЧНЫХ АКТОВ СТЕРЖНЕВОЙ ДЕЗИНТЕГРАЦИИ

О. И. НАЛИВКО¹

Научный руководитель Л. А. СИВАЧЕНКО², д-р техн. наук, проф.

¹Барановичский государственный университет

Барановичи, Беларусь

²Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Одним из перспективных направлений совершенствования процесса дезинтеграции является внедрение стержневого способа измельчения материалов. Он основан на создании высоких контактных напряжений в частицах разрушаемых компонентов при периодическом воздействии на них торцовых поверхностей стержневых элементов металлической цилиндрической щётки. Рабочее звено приводится во вращательное движение с линейной скоростью от 5 до 50 м/с и производит интенсивное разрушение, взаимодействуя с другими элементами конструкции.

Основное внимание следует обратить на разработку возможных вариантов единичных актов разрушения частиц стержневыми элементами (рис. 1).

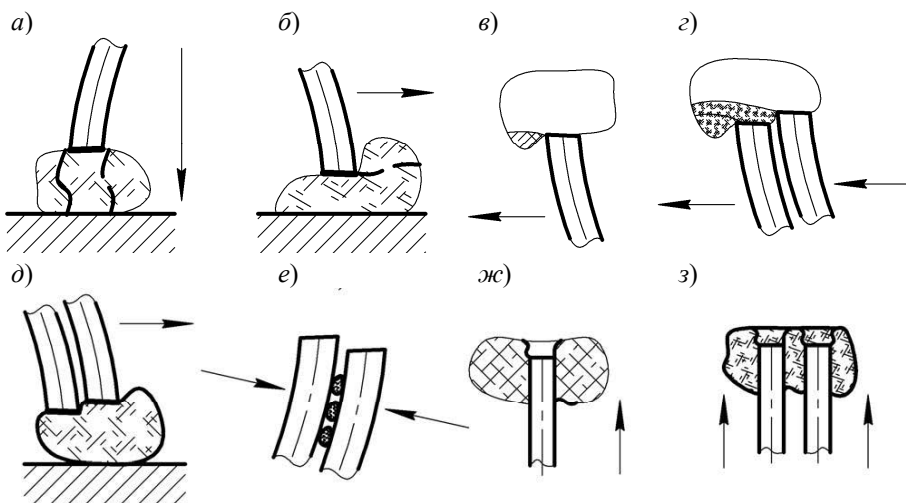


Рис. 1. Возможные варианты единичных актов разрушения частиц стержневыми элементами: а – раздавливание; б – истирание путем среза единичным стержнем; в – ударно-режущий механизм единичным стержнем; з – ударно-режущий механизм группой стержней; д – истирание группой стержней; е – межстержневое сжатие; ж – ударно-раскалывающий механизм разрушения частиц единичным стержнем; з – ударно-раскалывающий механизм разрушения частицы группой стержней

СОСТАВ И СВОЙСТВА АУСТЕНИТНОЙ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ С АЗОТОМ ДЛЯ СВАРКИ СТАЛЕЙ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

А. С. СМОЛЕНЦЕВ, Е. Б. ВОТИНОВА, Н. Н. СОБОЛЕВА

Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б. Н. Ельцина

Екатеринбург, Россия

В машиностроительной отрасли при производстве спецтехники используют высокопрочные среднелегированные стали мартенситного и мартенситно-бейнитного класса ($\sigma_B = 1500 \dots 2350$ МПа) [1].

При выборе состава электродных материалов (ЭМ) для сварки высокопрочных среднелегированных сталей приходится учитывать два противоречивых требования. Применяемый ЭМ должен обеспечивать получение бездефектных сварных соединений, а с другой стороны – иметь высокие прочностные характеристики и предъявляемые специальные требования без применения предварительного подогрева и послесварочной термообработки.

Для обеспечения противоречивых требований разработана порошковая проволока на базе высокопрочных аустенитных сталей с азотом, где в качестве основных легирующих элементов выбраны С, Cr, Mn, Ni, Mo, Cu, N [2]. Структура наплавленного металла, выполненного порошковой проволокой – хромомарганцеазотистый аустенит с содержанием дельта-феррита 1 об. %...4 об. % (рис. 1).

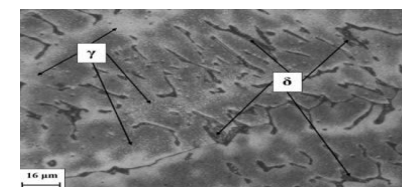


Рис. 1. Структура наплавленного металла

Установлено [2], что механические характеристики наплавленного металла обладают на 20 %...30 % более высокими прочностными и пластическими характеристиками в сравнении с ЭМ, используемыми для сварки высокопрочных среднелегированных сталей в настоящее время.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шалимов, М. П. Разработка технологии и порошковой проволоки для дуговой сварки высокопрочных легированных сталей / М. П. Шалимов, А. В. Березовский, А. С. Смоленцев // Вестн. ПНИПУ. Машиностроение, материаловедение. – 2019. – Т. 21, № 1. – С. 49–54.
2. Смоленцев, А. С. Прочностные характеристики наплавленного металла и сварных соединений, выполненных TWIP-аустенитной порошковой проволокой / А. С. Смоленцев // XXI Междунар. науч.-техн. уральская школа-семинар металлословов – молодых ученых. – Екатеринбург: УрФУ, 2022. – С. 400–405.

УДК 621.791

РАЗРАБОТКА СХЕМЫ МОБИЛЬНОГО ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА РЕГИСТРАЦИИ СВАРОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ

Н. А. ТОЛПЫГО

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

Недостатком существующих программно-аппаратных комплексов регистрации сварочных процессов является сложный функционал аппаратной части, который увеличивает стоимость и габариты регистратора, уменьшает надежность. Разработанный мобильный программно-аппаратный комплекс позволяет перенести значительную часть функционала с аппаратной части комплекса в программную на смартфоне или планшете.

Мобильный программно-аппаратный комплекс для регистрации сварочных процессов представляет собой систему, состоящую из аппаратной части, позволяющей получать и обрабатывать данные измерений и программного обеспечения для анализа и визуализации их результатов. В состав аппаратной части входят: регистратор сварочных процессов, пульт измерения температуры, блок датчиков.

Регистратор сварочных процессов питается от аккумуляторной батареи 3,7 В. Для управления зарядкой аккумулятора от сети используется микросхема MCP7833. Аккумуляторная батарея питает два конвертера, на выходе которых формируются напряжения 12 и 5 В. Напряжение 12 В используется для питания блокировочного реле и DC/DC конвертера, на выходе которого формируется двухполярное напряжение ± 15 В для блока датчиков. Напряжение 5 В питает микроконтроллер ESP32 и USB-модуль CH376S, подключаемый к нему через UART-порт для сохранения данных на внешний носитель при отсутствии соединения по Wi-Fi. Микроконтроллер ESP32 получает сигналы с блока датчиков, осуществляет усреднение значений тока и напряжения с частотой 10 Гц, производит светодиодную индикацию режимов работы через свои цифровые выходы, управляет передачей данных по Wi-Fi.

Пульт измерения температуры предварительного нагрева и температуры околосварочной зоны питается от аккумуляторной батареи 3,7 В. На микроконтроллер ESP32 пульта с конвертера поступает напряжение 5 В. Микроконтроллер использует интерфейс I2C для связи с датчиком температуры MLX90614, интерфейс SPI для связи с микросхемой MAX6675, которая преобразует сигнал с термопар. Цифровой выход контроллера используется для включения лазера, который подсвечивает область измерения.

Блок датчиков состоит из датчика тока ДТК-700С и датчика напряжения ДНК-С, которые имеют токовый выход. Сигналы с датчиков с частотой 10 кГц поступают на аналоговые входы АЦП контроллера ESP32 регистратора сварочных процессов.

УДК 629.113

ПОВЫШЕНИЕ МОЩНОСТИ ФРИКЦИОННЫХ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ТОРМОЗОВ

Е. А. МОИСЕЕВ

Научный руководитель И. С. САЗОНОВ, д-р техн. наук, проф.
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Повышение эффективности тормозных систем выбора оптимальной мощности тормозных механизмов автопоездов является актуальной проблемой, поскольку от работы тормозной системы непосредственно зависит безопасность движения транспортных потоков. Несмотря на возрастающий объем применения новых эффективных решений, на обозримое будущее основным типом тормоза для автопоездов остается фрикционный тормоз с пневматическим приводом.

Мощность тормозной системы автопоезда должна быть достаточной для обеспечения кратчайшего тормозного пути при экстренном торможении, при этом не должно происходить складывания автопоезда. Этого можно достигнуть в случае максимального использования запаса по сцеплению с учетом моментов срабатывания тормозных механизмов автопоезда.

Проблема повышения эффективности фрикционных тормозов автопоезда – комплексная задача, включающая ряд отдельных задач:

- изучение контактного взаимодействия пневматического колеса с опорной поверхностью;
- исследование газодинамических процессов, протекающих в тормозной системе;
- оптимизация алгоритмов управления тормозными механизмами;
- нестационарную тепловую задачу трения в паре трения тормозного механизма.

Величина расчетного коэффициента колес с дорогой определяет конечную эффективность тормозной системы. Однако при проектировании тормозной системы, основанном на сцеплении колеса с дорогой, может возникнуть блокирование колес. На современных автопоездах за решение этой проблемы отвечает система ABS.

В пневматической тормозной системе автопоезда сжатый воздух служит для передачи управляющих сигналов и является носителем энергии для создания тормозной силы. Аналитические решения газодинамических процессов в пневматических системах отличаются сложностью и громоздкостью и не гарантируют точности получаемых результатов. Предлагается использовать сжатый воздух только как носитель тормозной силы, а управляющую функцию возложить на электронное управление.

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ КОЗЛОВОГО КРАНА

А. А. КУНАНЕЦ

Научный руководитель И. В. ЛЕСКОВЕЦ, канд. техн. наук, доц.
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Расчёт металлоконструкций козловых кранов осуществляется в соответствии с общей методикой расчёта грузоподъёмных машин. При расчёте опор кранов, а также механизмов их передвижения, необходимо знание величин максимальных нагрузок. Приложение нагрузок и плечи от действия сил показаны на рис. 1.

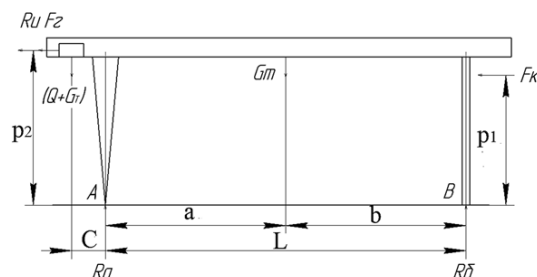


Рис. 1. Расчётная схема

Исходя из расчётной схемы нужно составить уравнение моментов.

Относительно точки B ($\sum M_B = 0$) максимальная нагрузка определяется по формуле

$$R_A = (Q + G_T) \cdot \frac{c+L}{L} + \frac{F_k \cdot p_1}{L} + \frac{(P_H + F_T) \cdot p_2}{L} + \frac{G_M \cdot b}{L}, \quad (1)$$

где $Q + G_T$ — сила тяжести тележки с грузом; G_M — вес металлоконструкции крана; P_H — горизонтальная сила инерции, возникающая при торможении; F_k — ветровая нагрузка; F_T — ветровая нагрузка на груз (поскольку груз на гибком канате); b, c, L, p_1, p_2 — соответствующие плечи сил.

Относительно точки A ($\sum M_A = 0$) минимальная нагрузка рассчитывается по формуле

$$R_B = -(Q + G_T) \cdot \frac{c}{L} - \frac{F_k \cdot p_1}{L} - \frac{(P_H + F_T) \cdot p_2}{L} + \frac{G_M \cdot b}{L}. \quad (2)$$

В зависимости от разного положения грузовой тележки, длины пролета, высоты подъёма, наличия консолей, разновидности типа опор и режима работы козлового крана в каждом из расчётных случаев возникают разные напряжения. Для повышения качества и точности расчёта необходимы дальнейшие исследования.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГАЛОГЕНИДНЫХ ГАЗООБРАЗНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ ДУГОВОЙ СВАРКЕ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКОЙ

Е. А. ФЕТИСОВА, А. А. КОРОТЕЕВА, А. А. ЛОПАТИНА

Научный руководитель А. О. КОРОТЕЕВ, канд. техн. наук, доц.
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Возможность вводить в высокотемпературный междуглавый промежуток элементы, способствующие повышению эффективности протекания физико-химических и металлургических процессов в сварочной ванне, сделала порошковые проволоки востребованными во многих отраслях промышленности, особенно в случаях, где требуется специальный подход к сварочным работам (сварка чугуна, сварка под водой).

К материалам и технологиям, используемым в судостроении, предъявляются высокие требования по обеспечению коррозионной стойкости, необходимых механических свойств, повышенного сопротивления хрупкому разрушению и т. д. Одной из главных задач при строительстве морских сооружений является создание новых, хорошо свариваемых материалов и технологий, которые позволят изготавливать конструкции надлежащего качества без трудоемких предварительных и сопутствующих работ.

Однако при разработке сварочных материалов и технологий особое внимание следует уделить выбору состава защитной газовой среды, т. к. зачастую от неё зависит стабильность протекания сварочных процессов, а следовательно, и последующая работоспособность конструкции.

Практический интерес представляют исследования введения галогенидного соединения SF_6 (гексафторид серы) в защитную газовую среду при дуговой сварке порошковой проволокой. Ранее известны исследования применения фторсодержащих компонентов при ручной дуговой сварке покрытыми электродами, неплавящимся вольфрамовым электродом, дуговой механизированной сварке проволокой сплошного сечения. Данных же по использованию гексафторида серы при сварке с применением порошковой проволоки недостаточно.

Возможность варьировать состав порошка, который при высокотемпературном воздействии дуги будет вступать в химические реакции с компонентами газовой атмосферы, с последующим образованием продуктов их взаимодействия, может привести к разработке новых способов управления процессами кристаллизации сварочной ванны и формирования ее микроструктуры, а также обеспечению комплекса уникальных свойств сварных соединений, что позволит повысить качество и работоспособность конструкций без дополнительных затрат.

УДК 621.791

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МОНТАЖНОЙ СБОРКИ И СВАРКИ УЧАСТКА ЛИНИИ ТРУБОПРОВОДА

М. Е. ЧИТПАНОВА

Научный руководитель М. Н. СЕЙДУРОВ, канд. техн. наук, доц.
Алтайский государственный технический университет имени И. И. Ползунова
Барнаул, Россия

В 2012 г. были произведены сейсморазведочные работы, которые показали наличие потенциала на Салмановском (Утреннем) нефтегазоконденсатном месторождении. Участок линии трубопровода относится к I категории (чрезвычайно опасные), группы Б (а) – горючие газы (ГГ), в том числе углеводородные газы (СУГ). Требования к эксплуатации трубопроводов регламентированы ГОСТ 32569–2013. Детали изготовлены из стали марки 09Г2С, не имеющей ограничений по свариваемости. Химический состав стали должен соответствовать ГОСТ 19281–2014, механические свойства – ГОСТ 32528–2013. Линия трубопровода состоит из 25 монтажных сварных соединений, включая 23 – стыковых нестандартных и 2 – угловых типа У19 по ГОСТ 16037–80.

В результате исследования базового технологического процесса монтажной сборки и сварки участка линии трубопровода [1] предложены следующие рекомендации по его усовершенствованию.

1. Заменить ручную дуговую сварку покрытым электродом на механизированную аргонодуговую сварку плавящимся электродом (аргон – 80 % и углекислота – 20 %), что позволит повысить производительность, а также уменьшить трудоемкость процесса сварки.

2. Использовать сварочный выпрямитель Artsen CM500 С совместно с подающим механизмом Artsen WF2-50GZ MC. Данное оборудование разработано специально для монтажных условий в труднодоступных, сложных климатических условиях.

3. Для стыковых нестандартных сварных соединений использовать автоматизированный ультразвуковой контроль сканером-дефектоскопом марки «Автокон-АР» на фазированных решетках. Использование данного оборудования позволит повысить скорость проведения и качество выполнения ультразвукового контроля.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Читпанова, М. Е.** Анализ технологического процесса сборки и сварки на монтаже фрагмента участка линии трубопровода / М. Е. Читпанова // Россия молодая: сб. материалов XV Всерос. науч.-практ. конф. с международным участием, Кемерово, 18–21 апр. 2023 г. Кемерово: Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева, 2021. – С. 1–4.

УДК 62-82:629.3.023.1

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ГИДРОСИСТЕМЫ БС-4000ПБА-2 (ШАССИ МА3-5434Х3)

А. А. ГРАЦ

Научный руководитель В. Д. РОГОЖИН, канд. техн. наук, доц.
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Машина БС-4000ПБА-2И имеет две независимые гидравлические системы – для тягача МА3-5434-03 (или -Х3) с отвалом и для полуприцепа со щеткой и продувкой. В машине БС-4000ПБА-2 применен гидравлический привод подъема, опускания, разворота рабочих органов, гидростатический привод подметальной щетки и гидромеханический привод мощного вентилятора продувочной системы для обеспечения независимого или совместного управления рабочими органами в движении [1]. В период эксплуатации для предупреждения отказов и обнаружения скрытых неисправностей необходимо диагностировать (далее – Д) гидросистему БС-4000ПБА-2 после наработки 1000 и 1500 моточасов. Проведение поэтапного Д гидросистем БС-4000ПБА-2 проводится в соответствии с руководством по эксплуатации [2].

С целью повышения эксплуатационной надежности машины БС-4000ПБА-2И необходимо внести следующие изменения в технологическую схему Д ее гидравлических систем. Так, во избежание разгерметизации гидравлических контуров машины БС-4000ПБА-2И необходимо оборудовать все участки гидравлических трасс диагностическими разъемами для подключения измерительной аппаратуры, что исключит загрязнение гидравлического масла в процессе проведения Д. Также необходимо разработать алгоритмы Д, позволяющие с минимальным количеством технологических операций определить состояние агрегатов гидравлических систем. Для повышения достоверности результатов Д предлагается использовать специальное программное обеспечение, позволяющее отслеживать текущие значения контролируемых параметров с возможностью визуализации и записи данных о процессах, проходящих в гидросистемах машины БС-4000ПБА-2И.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аэродромная плужно-щеточная продувочная машина БС-4000ПБА-2И. – Режим доступа: <http://belstats.aero/bsa2.pdf>.
2. Руководство по эксплуатации машины БС-4000ПБА-2И 103003-0000020 РЭ, ОАО «Минский автомобильный завод». – Минск, 2015. – 55 с.: ил.
3. **Максименко, А. Н.** Эксплуатация строительных и дорожных машин: учебное пособие / А. Н. Максименко. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2006. – 400 с.: ил.

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ПРИЦЕПНОГО СОСТАВА НА АВТОПОЕЗД

О. В. БИЛЫК, С. Ю. БИЛЫК
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Использование легкового автомобиля в составе автопоезда ухудшает управляемость и безопасность движения, что связано с низкой квалификацией и навыками большинства водителей, которые не имеют достаточного опыта эксплуатации автомобиля в составе автопоезда [1].

Движение автомобиля с полуприцепом приводит к перераспределению нагрузок по осям автомобиля в процессе разгона и торможения из-за нагрузки от полуприцепа на сцепное устройство. Снижение нагрузки на автомобиль от полуприцепа через сцепное устройство возможно получить путем применения электрического привода периодического действия, подключаемого в процессе торможения и разгона в зависимости от усилия, возникающего в сцепном устройстве автопоезда [2].

На безопасность движения автопоезда значительно влияет распределение нагрузки относительно оси полуприцепа. Неправильное размещение груза приводит к раскачиванию автопоезда относительно точки соединения автомобиля и полуприцепа, что приводит к потере управляемости и опрокидыванию автопоезда. Системы активной безопасности не способны предотвратить раскачивания автопоезда в точке сочленения, что приводит к повышенной аварийности при ухудшении дорожных условий.

Применение силовых датчиков, устанавливаемых в сцепном устройстве совместно с электрическим приводом периодического действия, позволяет контролировать устойчивость движения полуприцепа в составе автопоезда и предотвращения раскачивания в точке соединения автопоезда путем создания замедления полуприцепа временным включением электропривода для замедления автопоезда и стабилизации его курсового движения.

Применение дополнительного электропривода периодического действия, устанавливаемого на прицепной состав, способно обеспечить снижение нагрузки на автомобиль в тяговом режиме и повысить безопасность движения путем предотвращения раскачивания автопоезда.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Математическая модель динамики разгона тягача с прицепным звеном (полуприцеп/прицеп) и алгоритм превентивной передачи момента колесам прицепного звена / В. А. Ким [и др.] // Механика-2019: материалы VIII Белорусского конгресса по теоретической и прикладной механике. – Минск: ОИМ НАН Беларуси, 2019.

2. Эйдинов, А. А. Исследование электропривода периодического действия автопоездов: автореф. дис. ... канд. техн. наук / А. А. Эйдинов; Моск. энерг. ин-т. – Москва, 1968.

АДДИТИВНЫЙ СИНТЕЗ МАССИВНЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ ИЗДЕЛИЙ

Н. М. ШУКАН, А. А. ЛОПАТИНА
Научный руководитель А. О. КОРОТЕЕВ, канд. техн. наук, доц.
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Объемы применения алюминиевых сплавов постоянно увеличиваются. Особенно актуально их использование в автомобильной и аэрокосмической отраслях. Одной из наиболее современных и перспективных технологий изготовления изделий, особенно сложной геометрии, является аддитивный послойный синтез. При этом наиболее высокопроизводительным его способом, позволяющим эффективно работать с материалами на основе алюминия, является технология WAAM, использующая электрическую дугу как основной источник энергии и присадочные плавящиеся проволоки сплошного сечения, имеющиеся в открытом доступе. Технология обладает неоспоримыми преимуществами, что обусловлено в первую очередь рядом экономических предпосылок. На практике зачастую необходимо изготавливать или восстанавливать узлы простой геометрической формы, но с достаточно большой величиной толщины стенок, которая может составлять 15...20 мм и более. При этом послойная наплавка таких толщин рассматриваемым методом характеризуется рядом трудностей. Было установлено, что попытки управления шириной «стенки» наплавки путем выбора значений параметров режима, в частности силы тока и скорости перемещения, эффективны лишь при малых значениях ширины. Использование при этом высоких значений силы тока и скорости подачи проволоки с целью наплавки большего объема металла и его растекания по поверхности материала способствует сильному перегреву, из-за чего процесс наложения последующего слоя теряет стабильность и деталь деформируется. Установлено, что наиболее эффективным способом управления шириной наплавки при ее значениях более 3...4 мм является рациональный выбор траектории перемещения плавящейся проволоки относительно поверхности слоя изделия. Были использованы поперечные колебания с учетом размеров сварочной ванны для получения ширины слоя необходимого размера. Адаптированная траектория позволила получить слой необходимой ширины, а в комплексе с основными электрическими параметрами источника питания обеспечить высокую сплошность и полное отсутствие пористости. Аддитивным электродуговым послойным синтезом была наплавлена массивная втулка из алюминий-кремниевый сплав с толщиной стенки свыше 20 мм. Предлагаемая технология обеспечивает получение наплавки очень высокого качества с обеспечением оптимального термомеханического цикла по мере выращивания по высоте или обеспечение заполнения объема различных углов, переходов и радиусов.

УДК 621.791.763.2

О РАСЧЕТЕ МОЩНОСТИ ПРИ КОНТАКТНОЙ РЕЛЬЕФНОЙ СВАРКЕ
С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ANSYS

Д. Н. ЮМАНОВ

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

С целью учета различных влияний энергетических параметров процесса контактной рельефной сварки рационально использовать значение мощности, т. к. этот параметр более достоверно показывает их отклонение от заданных величин.

По проведенным результатам моделирования была определена плотность тока j в зависимости от температуры нагрева свариваемых деталей T , при разных токах и этапах процесса.

Для расчета мощности сварки P используется действующее значение напряжения, полученное по результатам математического моделирования с учетом фазового регулирования. Значение сварочного тока $I_{\text{св}}$ в разные промежутки времени рассчитывалось в зависимости от плотности сварочного тока j и площади контакта свариваемых деталей в виде поверхности усеченного конуса высотой h , изменяющейся в процессе сварки.

На рис. 1 представлены график (1) регистрации мощности в межэлектродную зону, построенный экспериментальным путем, и график (2) мощности, полученный по результатам расчета при математическом моделировании процесса контактной рельефной сварки.

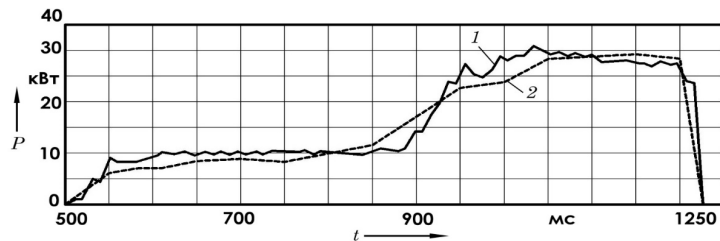


Рис. 1. Сравнение результатов моделирования с результатами экспериментальных исследований по расчету мощности

Согласно графикам, показанным на рис. 1, определено, что расчетное значение мощности по результатам математического моделирования в достаточной степени совпадает с результатами экспериментального определения мощности и может использоваться для стабилизации энергетических параметров в процессе образования сварного соединения на разных временных промежутках.

УДК 621.791.763.2

О ВЛИЯНИИ ВРЕМЕНИ СРАБАТЫВАНИЯ ПНЕВМОПРИВОДА
НА КАЧЕСТВО СОЕДИНЕНИЙ ПРИ КОНТАКТНОЙ СВАРКЕ

Д. Н. ЮМАНОВ, А. О. СЕРГЕЙЧИК, И. П. ЖЕВНОВ

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

При отработке циклограммы контактной сварки важным моментом является отработка всех позиций технологического цикла, заданных на регуляторе. При этом время срабатывания привода при перемещении поршня в начале сварки является неопределенной величиной и включает время распространения волны давления от распределителя до пневмоцилиндра и время движения поршня, в течение которого он пройдет весь заданный рабочий ход.

Время подготовительного периода работы пневмоцилиндра включает время наполнения рабочей полости до начала движения поршня и время опорожнения выхлопной полости и может достигать до 0,4...0,5 с. Время движения поршня может составлять 1,2...1,3 с, что может превысить время предварительного сжатия электродов, установленное на регуляторе цикла сварки. Это приведет к тому, что сварочный ток начнет протекать через детали уже в момент касания электродов изделия. Но при этом электрический контакт между деталями и электродами еще не сформировался, поверхностные оксидные пленки не разрушены, контактные сопротивления имеют большое значение, что приведет к появлению наружных и внутренних выплесков расплавленного металла и резкому снижению качества сварного соединения. Таким образом, задание позиции «Предварительное сжатие» на регуляторе должно превышать время движения поршня на заданную в режиме сварки величину.

Еще одним важным контролируемым параметром, обеспечивающим высокую усталостную прочность соединений, является время запаздывания приложения повышенного усилия проковки после выключения сварочного тока, которое не должно превышать 0,025...0,18 с. При увеличении этого времени повышается склонность к образованию трещин при кристаллизации расплавленного ядра, при уменьшении — происходят значительные пластические деформации, ведущие к образованию глубоких вмятин на поверхности деталей.

Для регистрации усилия сжатия электродов в процессе сварки был использован тензометрический метод измерения с помощью измерительного моста на двух фольговых константановых тензорезисторах, которые наклеивались на электроды, играющие роль упругих элементов сжатия. Один тензорезистор реагировал на упругую деформацию в направлении оси электрода, другой играл роль термокомпенсирующего элемента при нагреве электрода. Переменные резисторы, составляющие плечи моста, использовались для его балансировки. Измерение усилия сжатия электродов производилось с помощью тензоусилителя с аналоговым выходом и аналого-цифрового преобразователя, связанного с персональной ЭВМ и программным обеспечением LabView.