

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности

Материалы международной
научно-технической конференции
молодых ученых

Могилев, 25–26 октября 2018 г.

Могилев 2018

УДК 621.01: 531: 625.08: 69: 62-82«324»(043.2)

ББК 34.5: 22.21: 39.3: 38: 31.291

Н72

Редакционная коллегия: д-р техн. наук, проф. *И. С. Сазонов* (гл. редактор); д-р техн. наук, доц. *В. М. Пашкевич* (зам. гл. редактора); д-р техн. наук, проф. *М. Е. Лустенков* (зам. гл. редактора); д-р техн. наук, проф. *В. П. Куликов*; д-р техн. наук, проф. *В. П. Тарасик*; канд. техн. наук, доц. *А. С. Мельников*; канд. техн. наук, доц. *Д. М. Свирепа*; канд. техн. наук, доц. *О. В. Голушкова*; канд. техн. наук, доц. *С. В. Болотов*; *И. В. Брискина* (отв. секретарь)

Рецензенты: канд. техн. наук, доц. *В. М. Шеменков*; канд. техн. наук, доц. *А. П. Прудников*; канд. техн. наук, доц. *Д. И. Якубович*; д-р техн. наук, проф. *В. П. Куликов*; канд. техн. наук, доц. *И. В. Лесковец*; канд. техн. наук, доц. *Н. А. Коваленко*; канд. техн. наук, доц. *Г. С. Ленеvский*; канд. техн. наук, доц. *С. С. Сергеев*; канд. физ.-мат. наук, доц. *И. И. Маковецкий*

Н72 **Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы междунар. науч.-техн. конф. молод. ученых / М-во образования Респ. Беларусь, М-во образования и науки Рос. Федерации, Белорус.-Рос. ун-т; редкол. : И. С. Сазонов (гл. ред.) [и др.]. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2018. – 193 с. : ил.**

ISBN 978-985-492-209-6.

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»(043.2)

ББК 34.5: 22.21: 39.3: 38: 31.291

ISBN 978-985-492-209-6

© ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет», 2018

УДК 620.179
ЦИФРОВАЯ СИСТЕМА ОПЕРАТИВНОГО ДИСТАНЦИОННОГО
КОНТРОЛЯ ГИБКИХ ТРУБ С ПОЛИМЕРНОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ

Н. В. ГЕРАСИМЕНКО, В. Н. ПОЧУЙКО
Научный руководитель С. В. БОЛОТОВ, канд. техн. наук, доц.
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
Могилев, Беларусь

Гибкие предварительно изолированные пенополиуретаном (ППУ) трубы предназначены для эксплуатации в тепловых сетях горячего (верхняя граница температур составляет приблизительно 120 °С) и холодного теплоснабжения, преимущественно бесканальной прокладки.

Указанный тип труб позволяет проектировать тепловые сети с возможностью обхода препятствий в виде подземных строений и телекоммуникаций. Гибкая конструкция трубы успешно справляется с компенсацией тепловых перемещений без применения специализированных компенсаторов. Благодаря этим свойствам, гибкие ПИ-трубы все чаще применяются при реконструкции тепловых сетей.

В процессе эксплуатации гибких труб было установлено, что применение стандартной системы оперативного дистанционного контроля в составе гибких ПИ-труб имеет существенные ограничения. Среди них наиболее существенными являются:

- отсутствие в гибких ПИ-трубах центрирующих элементов не позволяет закрепить проводники системы контроля, таким образом, невозможно обеспечить фиксированное расстояние от проводника до поверхности трубы, что приводит к ложным срабатываниям детекторов повреждений и импульсных рефлектометров вследствие снижения сопротивления изоляции;
- если основная труба изготовлена из полимерного материала, отсутствует возможность измерения сопротивления изоляционного слоя относительно проводника системы контроля и трубы.

Цифровая система оперативного дистанционного контроля, разработанная специально для применения в составе гибких труб с полимерным покрытием, позволяет снять указанные выше ограничения. Эффективность применения цифровой системы в гибких трубах достигается благодаря непосредственному измерению влажности изоляционного слоя при помощи специальных сенсорных элементов – емкостных датчиков влажности.

Цифровая система контроля состоит из проводника, соединяющего датчики влажности, цифровых датчиков, а также блока управления БУСОДК-02, контролирующего работу системы контроля и осуществляющего передачу данных на диспетчерский пункт.

На рис. 1 представлены структурные схемы блока управления БУСОДК-02 (а) и цифрового датчика влажности (б).

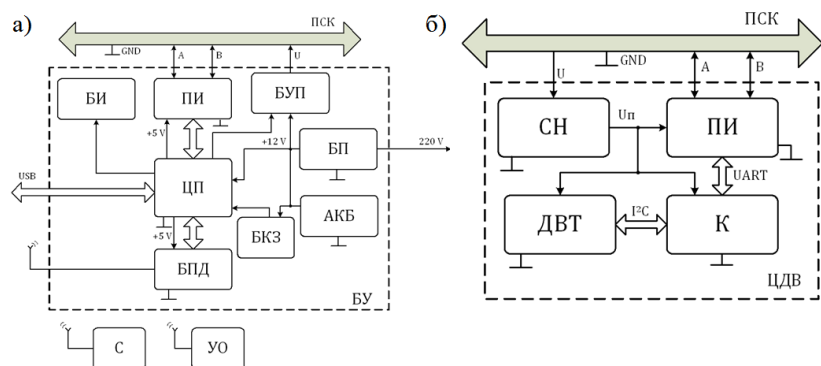


Рис. 1. Структурные схемы блока управления (а) и цифрового датчика влажности (б)

Блок управления содержит микропроцессор ЦП, реализующий сбор, обработку и передачу информации о состоянии изоляции трубопровода. Данные, поступающие от цифровых датчиков по проводникам системы контроля (ПСК), преобразуются при помощи модуля преобразования интерфейсов (ПИ), а затем обрабатываются процессором (ЦП). Состояние системы отображается при помощи блока индикации (БИ) и посредством беспроводной передачи данных, реализованной при помощи блока передачи данных (БПД).

Сбор данных осуществляется сервером (С) или дополнительными устройствами отображения (УО), находящимися у оператора.

Питание всей системы может осуществляться как от сети переменного тока через блок питания БП, так и от аккумуляторной батареи. Стабилизация напряжения аккумулятора реализована в блоке контроля заряда (БКЗ).

Цифровой датчик влажности (ЦДВ) состоит из чувствительного элемента ДВТ, в качестве которого используется датчик влажности и температуры, имеющий непосредственный контакт чувствительной области с изоляционным материалом трубы, и контроллера (К), обеспечивающего первичную обработку измерительной информации. Питание датчика влажности осуществляется через ПСК от аккумулятора (или сетевого блока питания), расположенного в блоке управления.

Проведены испытания разработанной системы контроля, получен акт внедрения в производство на ЗАО «Завод полимерных труб».

Научное издание

**Новые материалы, оборудование
и технологии в промышленности**

Материалы международной
научно-технической конференции
молодых ученых
Могилев, 25–26 октября 2018 г.

**Авторы несут персональную ответственность
за содержание тезисов докладов**

Технические редакторы: Ю. В. Кудрявцева
Е. В. Борисенко
В. Л. Юркова
Компьютерная верстка И. В. Брискина

Подписано в печать 12.10.2018г. Формат 60x84/16. Бумага офсетная.
Гарнитура Таймс. Печать трафаретная. Усл.печ.л. 11,21. Уч.-изд.л. 12,81.
Тираж 60 экз. Заказ № 663.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 24.01.2014.
Пр. Мира, 43, 212000, Могилев.

ВЕРЕТЕННИКОВА А.М. Выбор оптимальной стратегии развития торгового предприятия.....	172
ВИННИКОВА В.И. Совершенствование механизма выбора направлений кредитования предприятий при взаимодействии с банками.....	173
КОВАЛЕВСКАЯ Н.А. Повышение эффективности диспетчирования транспорта на предприятии.....	174
МАКАРЕВИЧ О.Д. Методические основы развития логистических систем на предприятиях текстильного производства....	175
МАКСИМОВА Е.О. Зарубежный опыт инновационной деятельности в сфере дистанционного банковского обслуживания как фактор эффективной работы отечественных банков.....	176
МАЛАЩЕНКО А.В., ТЕРЕХОВА А.А. Совершенствование транспортного процесса при доставке продукции на внешний рынок...	177
МОРОЗОВА Д.В., ТЕРЕХОВА А.А. Маржинальный анализ деятельности транспортного предприятия.....	178
НЕЧАЕВА Е.С., БОРОДИЧ Т.А. Совершенствование управления финансовыми ресурсами в учреждениях здравоохранения.....	179
РОДИОНОВСКИЙ И.В., ДРОЗДОВСКИЙ М.С. Параметры оценки степени удовлетворения спроса на городские пассажирские перевозки.....	180
СЕЛЮК А.И. Проблемы и инновационные направления переработки полимерсодержащих отходов.....	181
УВАРОВА Н.А., АЖИГИНА Е.А. Специфика реализации экспертизы региональных инновационных процессов.....	182

УДК 621.787

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ВАЛОВ,
УПРОЧНЕННЫХ КОМБИНИРОВАННЫМ МАГНИТНО-
ДИНАМИЧЕСКИМ НАКАТЫВАНИЕМ

И. А. ТАРАДЕЙКО

Научный руководитель А. М. ДОВГАЛЕВ, канд. техн. наук, доц.
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
Могилев, Беларусь

Существует широкая номенклатура деталей типа «вал», к эксплуатационным свойствам которых предъявляют высокие требования по износостойкости, усталостной прочности, контактной выносливости, коррозионной стойкости и т. д. Эксплуатационные свойства валов определяются качественными характеристиками поверхностного слоя, в т. ч. шероховатостью их поверхности. В связи с этим для повышения эксплуатационных свойств валов широко используются динамические методы поверхностного пластического деформирования (ППД): центробежно-ударная, дробеструйная, пневмовибродинамическая обработки и др.

Указанные методы динамического ППД характеризуются одним видом энергетического воздействия на поверхность обрабатываемой заготовки. Это снижает качественные характеристики упрочненной поверхности и технологические возможности методов.

Известен способ совмещенного магнитно-динамического накатывания валов охватывающим инструментом, основанный на комплексном энергетическом воздействии на упрочняемую поверхность вращающимся магнитным полем и колеблющимися деформирующими шарами [1].

Однако способ не обеспечивает большую глубину упрочненного слоя и приемлем только для условий крупносерийного и массового типов производств, т. к. для каждого типоразмера детали требуется свой индивидуальный инструмент, что снижает его технологические возможности.

Перспективным представляется разработанный способ комбинированного магнитно-динамического накатывания (КМДН), в соответствии с которым поверхность вала предварительно упрочняют импульсным магнитным полем, а затем осуществляют ее окончательную совмещенную обработку импульсными магнитным полем и ударным деформированием, при этом магнитный и ударный импульсы совмещают во времени, импульсное магнитное воздействие направляют непосредственно на очаг деформирования, а инструмент располагают односторонне по отношению к обрабатываемой поверхности вала.

Для реализации предложенного способа упрочнения разработана конструкция комбинированного инструмента, изображенная на рис. 1 [2].

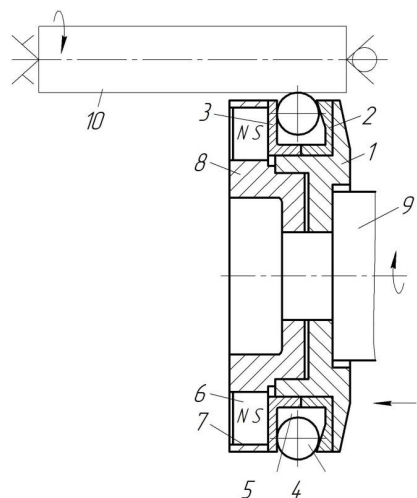


Рис. 1. Инструмент для комбинированного магнитно-динамического накатывания поверхности валов

Инструмент включает следующие основные элементы: оправку 1; корпус 2; сборную обойму, состоящую из двух стаканов 3, 4; кольцевую камеру 5 со свободно расположенными в ней деформирующими шарами 6; магнитную систему с постоянными цилиндрическими магнитами 7, установленными в аксиальных отверстиях 8 крышки 9. Корпус 2, стакан 4, крышка 9 выполнены из немагнитопроводных материалов.

В процессе упрочняющей обработки инструмент вращают и перемещают с подачей относительно вращающейся цилиндрической поверхности вала 10.

Представлены результаты исследований шероховатости поверхности валов, упрочненных комбинированным магнитно-динамическим накатыванием.

Методика экспериментальных исследований. Упрочняющую обработку шеек валов осуществляли на токарно-винторезном станке модели 16Д25. Для вращения инструмента использовали специальный привод с бесступенчатым регулированием частоты вращения, закрепленный в резцедержателе станка. Размеры упрочняемых шеек: диаметр – 70 мм; ширина – 20 мм. Измерение шероховатости поверхности валов осуществляли по известной методике с использованием профилометра-профилографа Surf-test модели SJ-210.

Материалы упрочняемых заготовок: сталь 45 (180–200 НВ) и сталь 08Х18Н10 (150–170 НВ). Исходная шероховатость поверхности по параметру Ra заготовок из указанных материалов составляла 5,5–6,0 и 4,0–4,6 мкм соответственно.

постоянном давлении пара перед турбиной.....	153
КУЧЕРЕНКО В.И., МАТРОСОВ С.И., ДОБРЕЦОВ Р.Ю.	
Безэкипажное гребное судно.....	154
РОМАНЕНКО К.Н. Матричные преобразователи частоты.....	155
СОКОЛОВ А.В. Применение резонансной системы для электропитания светильников для облучения растений.....	156
ТРЕТЬЯКОВ А.С., КАПИТОНОВ О.А. Идентификация параметров схемы замещения асинхронного электродвигателя.....	157

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

БЕЛЯКОВА А.И., БУЛАНОВ А.Н. Аудит процесса как концептуальная основа повышения качества продукции и совершенствования СМК.....	158
БОРОЗНА В.Д. Методологический подход к оценке свойств искусственных кож.....	159
КАРСАКОВА Н.Ж., ДОНЕНБАЕВ Б.С. Проблемы метрологического обеспечения в изготовлении крупногабаритных деталей.....	160
МАЗАЕВ Н.А. Учет электроэнергии, потребленной при различных значениях показателей ее качества.....	161
МАСЛОВА К.С. Определение оптических характеристик продукции для оценки качества.....	162
МЕЛЬНИК А.В., МАНЬКО П.В., СИНИЙ С.В. Классификация лесных массивов по данным SENTINEL-2.....	163
МИХЕЕВ С.С. Отражательная и пропускательная способности слоев на плоскопараллельных подложках.....	164
МОРДАСОВ М.Д. Контроль фазового состояния пленок лентгюра.....	165
МОРДАСОВ М.Д. Разработка системы углового перемещения оптического микроскопа.....	166
МУХАМЕДБАЕВ Аг.А. Определение количества минеральной добавки в цементе.....	167
САМАРИН М.Д. Перспективные применения люминесцентного анализа для контроля качества пищевой продукции.....	168
ШИЛОВ А.В. Тейпер с палладиевым покрытием в фотонно-кристаллическом волокне как сенсор водорода.....	169

Секция 10. Инновационная экономика в развитии общества

АВСЯННИКОВА А.В., КОТЕЛЬНИКОВА Н.В. Совершенствование процесса управления производственной программой на предприятии.....	170
АЛЬЗОБО Н.А., УРУНБАЕВ У.Б. Пути снижения затрат на теплоснабжение.....	171

КСЕНШКЕВИЧ Л.Н. Раздельная технология в производстве самоуплотняющегося бетона.....	135
КУТУЗОВ В.В., ДИВАКОВ В.В. BIM технологии в проектировании объектов.....	136
КУТУЗОВ В.В., СУХОВАРОВА Н.В. Моделирование транспортного потока с данными, поступающими в режиме реального времени.....	137
ЛОБИКОВА Н.В. Анализ энергоэффективных конструкций стен.....	138
ЛОБИКОВА Н.В. Методический подход к оценке инновационных систем отопления в жилом доме.....	139
МАКАЦАРИЯ Д.Ю., КУТУЗОВ В.В. Эффективные способы ремонта автомобильных дорог и снижения дорожной аварийности.....	140
МУХАМЕДБАЕВА М.А. Мини-технологические линии в строительстве.....	141
ПАШКЕВИЧ А.В., ФРОЛОВ С.А. Организация производства работ при ремонте автомобильных дорог Брестской области.....	142
ПЕЛАГЕЙКИН С.А. Влияние строительства дороги на режим грунтовых вод.....	143
РЖЕВУЦКАЯ В.А. Влияние компонентов легкого бетона на деформативные характеристики.....	144
СИЛИН Р.В. Многокритериальные методы оценки как инструмент предпроектного анализа и мониторинга состояния многофункциональных парков.....	145
СОТНИК Л.Л. Основы расчета мощности привода вибровалкового измельчителя.....	146
СУДНИКОВИЧ Т.М. Использование минеральных добавок для предотвращения высолов на поверхности бетона.....	147
СУНАК П.О., КСЕНШКЕВИЧ Л.Н., КРАНТОВСКАЯ Е.Н., ПАРАСЮК Б.О. Исследование факторов, влияющих на изменчивость характеристик сталефибробетона.....	148
ЧЕРНЕВА Е.С. Реставрация памятника архитектуры.....	149

Секция 8. Автоматизация, электропривод, электрооборудование

АЛЕКСАНДРОВСКИЙ С.В. Влияние активного сопротивления отмотки статора СДПМ на закон скалярного частотного управления...	150
БУТОМА В.С., ДУХОВНИК А.Н. Метод улучшения результатов сверточных нейронных сетей методом зеркального нахлеста изображения.....	152
БУТОМА В.С., ДУХОВНИК А.Н. Отделение голоса от музыки из аудиозаписей с использованием методов глубокого обучения.....	151
КУЛАКОВ Г.Т., АРТЕМЕНКО К.И. Оптимизация систем автоматического управления мощностью энергоблока при	

Характеристики комбинированного инструмента: диаметр инструмента – 100 мм; диаметр деформирующих шаров – 12 мм; материал деформирующих шаров – ПХ15 (62–65HRC); материал цилиндрических постоянных магнитов – Nd Fe B; размеры цилиндрических постоянных магнитов $D \times h$ – 15×10 мм; индукция магнитного поля на торце цилиндрических постоянных магнитов – 0,35 Тл; количество цилиндрических постоянных магнитов – 14 шт.

Условия обработки: частота (скорость) вращения детали $n_d = 118 \text{ мин}^{-1}$ ($v_d = 25,9 \text{ м/мин}$); подача инструмента $s = 0,05\text{--}0,15 \text{ мм/об}$; частота (скорость) вращения инструмента $n_i = 1400\text{--}4400 \text{ мин}^{-1}$ ($v_i = 7,3\text{--}23,0 \text{ м/с}$); натяг деформирования – $\Delta = 0,025\text{--}0,2 \text{ мм}$. Упрочнение осуществляли за один рабочий ход инструмента. В качестве смазочно-охлаждающей жидкости использовали масло индустриальное 45.

Зависимости шероховатости упрочненной поверхности валов от режимов процесса КМДН представлены на рис. 2–4.

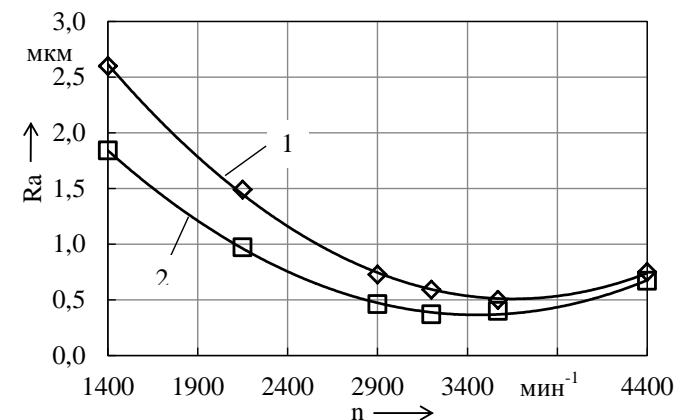


Рис. 2. Зависимость шероховатости поверхности от частоты вращения инструмента при $n_d = 118 \text{ мин}^{-1}$ ($v_d = 25,9 \text{ м/мин}$), $s = 0,05 \text{ мм/об}$, $\Delta = 0,1 \text{ мм}$: 1 – сталь 45 (180–200 НВ); 2 – сталь 08X18H10 (150–170 НВ)

Анализ экспериментальных зависимостей, изображенных на рис. 2, показывает, что частота (скорость) вращения инструмента существенно влияет на шероховатость обработанной поверхности заготовок. Повышение частоты вращения инструмента до $n_i = 3600 \text{ мин}^{-1}$ ($v_i = 19,4 \text{ м/с}$) для стали 45 (180–200 НВ) и $n_i = 3200 \text{ мин}^{-1}$ ($v_i = 16,8 \text{ м/с}$) для стали 08X18H10 (150–170 НВ) вызывает интенсивное снижение шероховатости. Это связано с увеличением энергии и числа ударов деформирующих шаров по обрабатываемой поверхности заготовки, что интенсифицирует процесс смятия исходных микронеровностей. Снижение шероховатости поверхно-

сти по параметру Ra составило для заготовок: из стали 45 (180–200 НВ) – с 5,5–6,0 до 0,48–0,52 мкм (в 12,5–10,5 раза); из стали 08X18H10 (150–170 НВ) с 4,0–4,6 до 0,35–0,39 мкм (в 13,1–10,3 раза). Дальнейшее увеличение частоты (скорости) вращения инструмента выше оптимального значения вызывает повышение шероховатости упрочненных поверхностей, что может быть обусловлено частичной потерей устойчивости процесса обработки и перенаклепом поверхностного слоя.

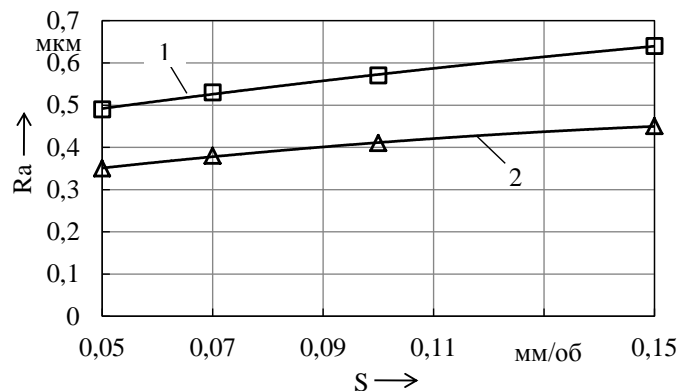


Рис. 3. Зависимость шероховатости поверхности от подачи инструмента при $n_d = 118 \text{ мин}^{-1}$ ($v_d = 25,9 \text{ м/мин}$), $n_H = 3600 \text{ мин}^{-1}$ ($v_H = 19,4 \text{ м/с}$), $\Delta = 0,1 \text{ мм}$: 1 – сталь 45 (180–200 НВ); 2 – сталь 08X18H10 (150–170 НВ)

Как видно из зависимостей, представленных на рис. 3, увеличение подачи инструмента вызывает повышение шероховатости обработанной поверхности детали. Это связано с уменьшением числа ударов деформирующих шаров по упрочняемой поверхности.

Установлено, что в диапазоне исследуемых подач происходит снижение шероховатости поверхности по параметру Ra для заготовок: из стали 45 (180–200 НВ) – с 6,0–5,5 и стали 08X18H10 (150–170 НВ) – с 4,6–4,0 мкм до 0,49–0,64 (в 12,2–8,6 раза) и 0,35–0,45 мкм (в 13,1–8,9 раза) соответственно.

С увеличением натяга деформирования происходит снижение шероховатости упрочненной поверхности (рис. 4), что обусловлено повышением энергии удара деформирующих шаров инструмента. Выявлены оптимальные значения натяга деформирования, обеспечивающие минимальную шероховатость поверхности для заготовок из исследуемых материалов: 0,1 мм – для заготовок из стали 45 (180–200 НВ) и 0,125 мм – для заготовок из стали 08X18H10. При этом шероховатость обработанных поверхностей по параметру Ra составила 0,46–0,5 и 0,35–0,37 мкм соответственно. При дальнейшем увеличении натяга наблюдается повышение шероховатости

РАДЕВИЧ А.А. Анализ тормозных систем транспортных средств и базы для их исследований.....	118
СЕМЬКИНА А.С. Повышение эффективности эксплуатации карьерного транспорта за счет снижения простоев в ожидании ремонта.....	119
ХАДКЕВИЧ И.Ю. Разработка алгоритмов и принципов оценки технического состояния гидротрансформатора.....	120
ЮШКЕВИЧ Н.М., ДОМОРАД Е.С., ЛЕВЧЕНКО А.Н. Возможное решение по снижению жесткости выступов протектора автомобильной шины.....	121
ЮШКЕВИЧ А.В., ПЕТРЕНКО М.Л., МЕЛЬНИКОВ А.С., МЕЛЬНИКОВ А.А., МОИСЕЕВ Е.А. Исследование работы ПБС двухколесного транспортного средства.....	122

Секция 7. Инновации в строительстве

АНКУДА М.К., КОРОБ Н.Г., КОМАРОВ М.А., СУДНИКОВИЧ Т.М. Использование техногенного шламового отхода при производстве цемента.....	123
АХМЕДОВ С.Р. Исследование отделки древесины методом браширования с обжигом.....	124
БАШКИРОВА В.В. Градостроительство. Основные проблемы современного градостроительства.....	125
БЕРЕЗИНА В.П., КАРПОВ Ф.Д., ЛЕМЕШЕВА В.А., КАСЬЯНОВ Е.Г., НИКУЛИН В.П., ЛОЙКО А.А. Некоторые результаты исследования теплопроводности термокраски.....	126
ДАНИЛЕНКО В.Д. К расчету расхода водопропускных труб.....	127
ЕЛИСЕЕВ А.В. Новая технология строительства цементобетонных покрытий автомобильных дорог.....	128
ИСКАНДАРОВА М.И., БАТЫРОВ Б.Б., БЕГЖАНОВ А.Р., МАХСУДОВА Н.Д. Керамический бой – эффективная добавка в цемент.....	129
ИСКАНДАРОВА М.И., МУХИТДИНОВ Д.Д., АБДУЛЛАЕВА Н.М. Технологии производства добавочного цемента из опоковидных пород Узбекистана.....	130
КАСПЕРОВИЧ В.А., КЛИМОВА Е.С. Роль придорожного сервиса в развитии транзитных потоков автомобильного транспорта... ..	131
КОМИСАРОВА Я.В., КУТУЗОВ В.В. Применение 3D моделирования в дорожной отрасли.....	132
КОРЗУН И.М. Экспериментальное определение технологических параметров пружинного грохота.....	133
КРАНТОВСКАЯ Е.Н., ПЕТРОВ Н.Н., УЛЬ А.В., ПАРАСЮК Б.О. Исследование прогибов пролетных железобетонных элементов.....	134

мощности тепловложения при контактной сварке.....	100
ЯКОВЕНКО Л.В., ЧЕШКИН В.Г., СМОЛЯР И.Н. О повышении прочности соединений оцинкованных винтов с пластиной из горячекатаной стали при рельефной сварке «острой гранью».....	101

Секция 5. Транспортные и технологические машины

ГРИГОРЬЕВ И.В. Особенности эксплуатации лесных машин в сильные морозы.....	102
ГРИШАНОВ П.А. Методика оптимизации прочностной надежности элементов грузовых вагонов.....	103
ГУРКИНА А.В. Способ модификации и упрочнения поверхностей деревянных конструкций.....	104
ЖДАНКИН Г.В., МИХАЙЛОВА О.В. Технологическое оборудование для производства белкового продукта из вторичного сырья.....	105
КУНАНЕЦ А.А. Кран козловой г/п 32т с модернизацией грузовой тележки.....	106
КУРОЧКИН Н.В., РОВСКИЙ А.М. Совершенствование агрегатов ударного действия для переработки материалов минерального происхождения.....	107
ЛАГЕРЕВ И.А. Автоматизированное управление манипулятором транспортно-технологической мобильной машины.....	108
МАКАРОВ П.С. Анализ динамики дезаксиального кривошипно-шатунного механизма ДВС.....	109
РОВСКИЙ А.М., КУРОЧКИН Н.В. Вариант измельчения влажных материалов.....	110
РУДОВ С.Е. Современные системы контроля давления в шинах колесных лесных машин.....	111
УВАКИНА Д.В., ВОЙНАШ С.А., ДОБРЕЦОВ Р.Ю. Трансмиссия для гусеничной машины с двумя двигателями.....	112
УРЫВСКИЙ И.Н. О неточностях в математической модели формирования рабочего пространства.....	113
ШАМИН Е.А., БЕЛОВА М.В. Технологическое оборудование для отделения волосяного покрова от шкур кроликов.....	114

Секция 6. Проектирование, производство и эксплуатация автомобильного транспорта

БЕЛЯКОВА А.И., БУЛАНОВ А.Н. Применение аддитивных технологий в проектировании и производстве компонентов транспортного средства.....	115
ГЕРАЩЕНКО В.В., РОГОЖИН В.Д., МИГУРСКИЙ Г.С. Метод бортового диагностирования форсунок.....	116
ЛИННИК И.Э., БОЧАРОВ А.В. Формирование визуальных коммуникаций для маломобильных групп населения.....	117

упрочненной поверхности, что вызвано частичной потерей устойчивости процесса комбинированного накатывания.

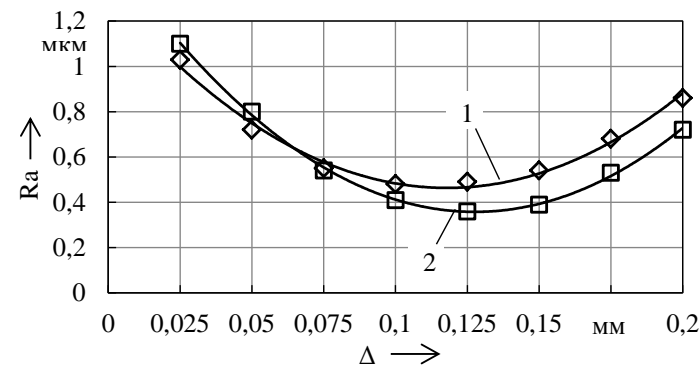


Рис. 4. Зависимость шероховатости поверхности от натяга деформирования при $n_d = 118 \text{ мин}^{-1}$ ($v_n = 25,9 \text{ м/мин}$), $s=0,05 \text{ мм/об}$, $v_n = 19,4 \text{ м/с}$: 1 – сталь 45 (180–200 НВ); 2 – сталь 08X18H10 (150–170 НВ)

Проведенные триботехнические исследования позволили установить, что КМДН позволяет повысить износостойкость поверхности заготовок из стали 45 (180–200 НВ) в 2,8–3,4 (по отношению к обработке точением) и в 1,5–1,7 раза (в сравнении с накатыванием).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 18302 ВУ, МПК В 24В 39/04. Инструмент для отделочно-упрочняющей обработки вала / А. М. Довгалев, С. А. Сухоцкий, Д. М. Свирепа, И. А. Тарадейко ; заявитель и патентообладатель Белорус.-Рос. ун-т. – № а 20120032 ; заявл. 11.01.2012 ; опубл. 30.08.2013, Бюл. №4(93). – 5 с.
2. Пат. 19154ВУ, МПК В 24В 39/02. Инструмент для отделочно-упрочняющей обработки отверстия детали / А. М. Довгалев, С. А. Сухоцкий, Д. М. Свирепа, И. А. Тарадейко ; заявитель и патентообладатель Белорус.-Рос. ун-т. – № а 20120544 ; заявл. 04.04.2012 ; опубл. 30.12.2013, Бюл. №6(95). – 4 с.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПЛАСТИНАТО-СТЕРЖНЕВЫХ
НЕСУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ СКВОЗНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ
КОНСТРУКЦИЙ

Д. О. КУЗМЕНКО
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
Могилев, Беларусь

Основная мировая тенденция развития строительной индустрии – возрастающие требования к уровню заводской готовности строительных конструкций или их элементов [1]. Современные архитектурные формы большепролетных и высотных сооружений на основе металлических конструкций собраны многократно повторяющимися элементами, которые образуют так называемые структуры. Структурные конструкции в большинстве своем состоят из пространственных стержневых конструкций [2].

Металлоконструкции выполняются из стального листового проката, в т. ч. стандартного универсального (ГОСТ 27772-2015, ГОСТ 103-2006, ГОСТ 1577-93, ГОСТ 6713-91, ГОСТ 11269-76, ГОСТ 14637-89, ГОСТ 19903-2015 и др.), т. к., оптимизируя структуру несущих элементов металлических строительных конструкций, получают их наименьший объем. Это позволит создавать наиболее рациональные конструктивные формы и организовывать эффективный поточный выпуск конструкций. Также одним из факторов индустриализации производства является модульность конструкций и их элементов.

Стальное (металлическое) строительство является отражением современной архитектуры развитых стран. Стержневые несущие элементы из металла играют важную роль в создании облика современных зданий и сооружений, позволяя создавать необычные формы и принимать неординарные решения в проектировании. Например, в Норвегии доля использования стальных конструкций в строительстве зданий и сооружений достигает 45–50 %, в США – 55–60 %, в Швеции – до 70 %. В странах СНГ на долю зданий и сооружений из металла приходится около 15–25 % строительства. В основном это вызвано тем, что главным потребителем металла является производство арматуры (около 25 % в странах СНГ, в то время как в США приходится около 11 %). Еще одним показателем высокого потенциала использования металлоконструкций является выпуск фасонного проката и балок: в странах СНГ выпуск фасонного проката составляет около 9 % от всего металлопотребления, тогда как в Японии данный показатель составляет около 22 %.

В Республике Беларусь основными металлическими конструкциями, выпускаемыми для строительства (более 50 %), являются сварные элементы, а во всем мире на производство сварных элементов идет до 70 % всего металлопроката.

СЕДЫХ М.А. Разработка конструкционного плитного материала с использованием картонных гильз.....	84
СИВАЛЬНЕВА М.Н. Технологические особенности получения фибропенобетона на основе бесцементного вяжущего.....	85
СИДЕЛЬНИКОВ Р.В., ЧЕРКАШИНА Н.И. Оценка газовыделения полимерного композита с кристаллическим SiO ₂ в условиях глубокого вакуума.....	86
ТАРУТЬКО К.И. Проблемы переработки отходов легкой и деревообрабатывающей промышленности.....	87
ФЕДОСЕНКО А.С. Перспективные механически легированные порошки на основе металлов для газотермических покрытий.....	88
ЦОБАНОВА Н.В. Получение полиуретановых композиций для низа обуви модифицированных техническим углеродом.....	89
ШАЛУХО Н.М., КУЗЬМЕНКОВ М.И., ЧИСТЯКОВА Г.Г. САХАР Г.Г. Композиционный стоматологический материал химического отверждения.....	90
ЯНГУЗАРОВА А.З., КИРЕЕВА С.Н. Перспективная технология формирования гальванических покрытий металлами и сплавами.....	91
ЯНЯН Ч. Оптимизация технологических режимов отверждения деталей из полимерных композиционных материалов.....	92

Секция 4. Новые технологии в сварочном производстве

АБДУРАХМАНОВА А.Р. Сварочно-технологические свойства электродов с рутиловым видом покрытия и физико-механические характеристики металла сварных швов.....	93
ГАБДЫСАЛЫК Р. Вопросы роботизации сварки узлов крупных шибберных задвижек штамповсварной конструкции.....	94
КОРОТЕЕВ А.О. Особенности автоматической дуговой сварки алюминиевых сплавов (Al-Mg-Cu) с импульсной подачей плавящейся электродной проволоки.....	95
КОРОТЕЕВ А.О., ДОЛЯЧКО В.П. Исследование технологии послойной дуговой наплавки с использованием системы импульсной подачи проволоки (СМТ FRONIUS).....	96
ПОЛЯКОВ А.Ю., СТЕПАНОВ А.А. Контактная рельефная сварка на переменном токе днища и патрубка из коррозионно-стойкой стали 12Х17.....	97
ПОЛЯКОВ А.Ю., СТЕПАНОВ А.А. Об экспериментальном подтверждении адекватности уравнения теплового баланса, разработанного для процесса контактной рельефной сварки.....	98
ХРУЛИНДИК Ю.С., ЮМАНОВ Д.Н., ЧЕШКИН В.Г. Применение совмещенного электротермо-механического анализа при численном моделировании процесса рельефной сварки.....	99
ЮМАНОВ Д.Н., ЯКОВЕНКО Л.В., СМОЛЯР И.Н. Разработка программного кода корректирующей системы регулирования	

ГЛЕБОВ М.В. Особенности формирования многослойного покрытия сплавом медь-олово.....	65
ДУДИК А.А. Разработка составов стекол для высокопрочного стекловолокна.....	66
КЛЮЕВА Е.С. Формирование ближнего расслоения при спинодальном распаде сплавов системы Mn-Cu.....	67
КОМИССАРОВА И.А., ФЕОКТИСТОВ А.В., КОСИНОВ Д.А., ИВАНОВ Ю.Ф., КРЮКОВА Е.Д., КОНОВАЛОВ С.В. Влияние токовой импульсивной обработки на структуру технически чистого титана.....	68
КОТОВ С.Ю., РОМАНЕНКО В.И. Анализ теории несовершенной упругости твердых тел.....	69
КОТОВ С.Ю., ШКИНЬ Н.В. Анализ теории трения качения О. Рейнольдса.....	70
КРЕМЕНЬ С.Ю., КОТ М.А. Установка для получения тонких пленок методом пиролиза аэрозолей.....	72
ЛАЗАРЧИК М.В. Спеченный фрикционный материал для дисков стрелочного перевода СП-6БЕЛ.....	73
ЛАРИОНОВ П.С. Получение микродисперсных наполнителей из геополимеров в низкотемпературной плазме.....	74
ЛАТЫШЕВИЧ И.А., ГАПАНЬКОВА Е.И. Вторичные терпеноидные продукты – перспективные отвердители эпоксидных смол.....	75
МАРКОВА Г.В. Анализ влияния поперечно-винтовой прокатки на устранение пористости в сплаве TiNi.....	76
МОСТОВОЙ А.С., ТЕСЛИНА Н.В., БЕКЕШЕВ А.З. Дисперснонаполненные эпоксидные композиты.....	77
ОСИНЦЕВ К.А., КОНОВАЛОВ С.В., БУТАКОВА К.А., ЗАГУЛЯЕВ Д.В., ГРОМОВ В.Е. Влияние электровзрывного легирования оксидом иттрия на структуру и микротвердость силумина.....	78
ПАНИН Е.А. Исследование совмещенного процесса «прокатка-РКУП» для получения УМЗ-структуры.....	79
ПЕТРОВ И.Н., БАТУРИН А.П., УДОВЕНКО Ю.П. Исследование сопротивления деформации сплава Al-Cu-Li-Mg-Zn-Zr-Sc в литом и горячекатаном состоянии.....	80
ПОТАПЧИК А.Н. Влияние аминного числа отвердителей и их количества на водопоглощение лакокрасочных покрытий.....	81
РАДЮК А.Н. Технология получения полиуретановых композиций для низа обуви с волокнистым наполнителем.....	82
РЕТЮХИН М.С., КОМИССАРОВА И.А., ФЕОКТИСТОВ А.В., КОСИНОВ Д.А., ИВАНОВ Ю.Ф., КОНОВАЛОВ С.В. Влияние электронно-пучковой обработки на структуру и свойства технически чистого титана ВТ1-0.....	83

Основной проблемой широкого использования металлических конструкций в строительстве является использование продольной заводской сварки как элемента создания несущей конструкции. Заводская продольная сварка – один из основных методов создания стержневых элементов конструкции. С ее помощью варятся двутавровые профили, коробчатые балки, трубы и пр. Технологически процесс простой и характеризуется высокой герметичностью стыкуемых объектов, а также обеспечивает высокую прочность элемента при соблюдении технологий. Применяется практически во всех конструктивных несущих элементах пролетных и высотных строений из металла (несущие стержни), реже в фасонных элементах. Современные виды сварок позволяют варить практически все виды сталей. Однако, как и у любого способа создания несущего элемента, данное соединение имеет недостатки [3]:

- большие затраты электроэнергии на создание сварных соединений;
- образование кратеров в сварных швах, что особенно опасно для конструкций северного исполнения в связи с высокой чувствительностью их к концентрации напряжений;
- большие энергозатраты для обработки поверхностей металла в зоне наложения сварных швов (один из методов снижения концентрации напряжений);
- наличие остаточных деформаций от теплового воздействия сварочного процесса;
- сложность в применении для оптимизации конструктивной формы пролетного строения в одном сварном элементе различных классов стали из-за затратных проблем с обеспечением качества сварных соединений.

Применение сварных швов обусловлено тем, что создать конструкцию сборной (на болтах или заклепках), коробчатого и таврового сечения, достаточно проблематично. Решение проблемы возможно с использованием современного высокоточного оборудования и структуры стержневой строительной конструкции, свободной от перечисленных выше недостатков и, в свою очередь, имеет ряд существенных преимуществ [4]:

- простота заводского изготовления стержневого элемента и соединительной фасонки;
- отсутствие закрытых полостей, что предотвращает накопление влаги и образование наледи, особенно для зон с низкими температурами;
- простая и полная доступность всех поверхностей составных металлических стержней к нанесению антикоррозионных покрытий;
- возможность минимизации собственного веса главных ферм за счет комбинации сталей различных классов в стержнях и между ними;
- упрощение технологии монтажа главных ферм сквозных металлических пролетных строений (требуемую геометрию ферм получают за счет точности сверления отверстий в узловых фасонках на современных станках с ЧПУ).

Для оценки преимущества использования нового типа сквозного стержневого элемента были проведены численные исследования на основе МКЭ двух вариантов пролетного строения 2x110 м стального однопутного ж/д моста с ездой понизу по серии 3.501.2-166 (рис. 1):

- с использованием стержней коробчатого сечения для главных ферм;
- с использованием стержней предлагаемой структуры несущего элемента главной фермы.



Рис. 1. Сквозное пролетное строение стального ж/д моста с ездой понизу

Граничные условия включали в себя три опоры: две шарнирно-подвижные опоры с каждого края моста и шарнирно-неподвижная опора в середине. Прикладывались нагрузка от собственного веса элементов моста и равномерно распределенная статическая нагрузка от веса состава на рельсы, равная 80 кН/м. Конечно элементная модель состояла из балок постоянного сечения (рис. 2).

После статического расчета была проведена параметрическая оптимизация с использованием МКЭ. Входные параметры включали в себя:

- высоту пластинчатого элемента;
- толщину пластинчатого элемента;
- радиус трубы (внешний) соединительного элемента.

ПАШКЕВИЧ А.М. Радиально-плунжерные передачи с повышенными значениями передаточных отношений.....	48
ПАШКЕВИЧ А.М. Использование радиально-плунжерных редукторов в приводах технологического оборудования.....	49
ПЛАТОНОВ К.Ю. Анализ деформации различных конструкций цилиндра малоразмерного дизеля с воздушным охлаждением от действия монтажных усилий.....	50
ПРУДНИКОВ А.П., ШОСТАК С.Л. Мультипликатор на базе передачи с фиксированным расположением промежуточных тел качения.....	51
РОЗУМ Р.И., ГЕВКО Р.Б., БОЯРСКАЯ И.В. Повышение эффективности транспортировки сыпучих материалов винтовыми конвейерами.....	52
РУБИК С.В. Расчет задних углов резца при поперечной подаче исполнительного механизма.....	53
СЕМЕН Я.В., ГОШКО З.О., СИНИЙ С.В. Результаты экспериментальных исследований вибрационной борозны.....	54
СИНИЙ С.В., ТКАЧЕНКО И.Г., ГЕВКО Р.Б. Усовершенствование очистителей корнеклубнеплодов.....	55
ШАНТЬКО А.С. Обоснование схемы привода ведущих колес мобильного энергетического средства.....	56

Секция 3. Технологии получения и обработки новых материалов и покрытий

АКУЛИЧ Н.Е. Коррозионная стойкость пассивированных в растворах молибдата и ванадата натрия цинковых покрытий.....	57
АЛИМОВ И.А. Структура компактных сплавов Ti-Nb-Ta, Ti-Nb-Zr, полученных гидридно-кальциевым методом.....	58
АХМЕТОВ А.Р. Влияние полиненасыщенных соединений на пероксидную вулканизацию смеси полипропилена и гидрированного блок-сополимера стирол-бутадиен-стирол.....	59
БАТЫРОВ Б.Б., ИСКАНДАРОВА М.И., БЕГЖАНОВА Г.Б., МИРОНЮК Н.А. Рациональная технология использования керамических отходов для производства клинкера.....	60
БОЖКО Ю.А., ЛАПУНОВА К.А. Перспективы создания микропористой керамики на основе кремнистых опоквидных пород..	61
БОЯРСКАЯ И.В., УЛЬ А.В., МЕЛЬНИК Ю.А., ЗАЙЧУК Н.П. Эпоксикомпозитные системы с прогнозируемыми свойствами.....	62
ВОЛОДЬКО С.С. Влияние деформации на механические свойства порошкового сплава TiNi с эффектом памяти формы.....	63
ВОЛОКИТИНА И.Е., ГАЙДАРЕНКО Г.А. Исследование механических свойств латуни Л63 при РКУП с интенсивным охлаждением.....	64

ШАНИН В.А. Влияние формы режущего оборудования на качество резки.....	29
ЮРКИНА А.А. Нейросетевой подход к управлению промышленными робототехнологическими комплексами.....	30

Секция 2. Механика машин и механизмов

АУЛИЧ А.А., БАРСУКОВ В.В., ХУРСИН М.В. Выбор режимно-конструктивных параметров для математического моделирования гидродинамики группового прямооточного пылеуловителя.....	31
БЕГАН В.В. Расчет динамической реакции ползуна при малых колебаниях эллиптического маятника.....	32
БУДАЕВ М.Л. Способы контроля качества подготовки студентов армрестлеров к спортивным соревнованиям.....	33
ВОРОНИН А.В. Снижение динамической нагруженности локальных колебательных систем крупногабаритных машин.....	34
ВЫРСКИЙ А.Н. Кинематический и силовой расчет механизма очистки зерноуборочного комбайна.....	35
ГОШКО З.О., СЕМЕН Я.В., ЮХИМЧУК С.Ф. Результаты экспериментальных исследований технологических регулировок жаток сои.....	36
ГРОМЫКО П.Н., ЮРКОВА В.Л., ЯКУБОВИЧ Д.Я. Особенности силового расчета передач эксцентрикового типа, разработанного на основе использования методов компьютерного моделирования.....	37
ДУБОВИК Д.А. Скоростной класс тракторов.....	38
ДУБОВИК Д.А., БАКАЛОВА Л.Ю., ШАНТЫКО А.С. Тенденции развития уборочной сельхозтехники.....	39
КЛЕНДИЙ А.Н., ГЕВКО Р.Б., МЕЛЬНИК Ю.А. Совершенствование винтовых конвейеров.....	40
КУЗЕНКО Д.В., СЕМЕН О.Я., ЮХИМЧУК С.Ф. Результаты теоретических исследований системы «ролик плунжера – напрямная» сажалки зубков чеснока.....	41
ЛУСТЕНКОВ В.М., КАТАШЕВИЧ В.Ю., КОРНИЛОВИЧ Р.Д. Исследование показателей работы вихревого аппарата с управляемым процессом пылеочистки.....	42
ЛУСТЕНКОВА Е.С., МОЙСЕЕНКО А.Н. Разработка конструкции инструмента со встроенной сферической роликовой передачей.....	43
ЛУСТЕНКОВА Е.С., РАЗГОНОВ М.В. Разработка конструкции и модели сферической роликовой передачи с двухрядным сателлитом.....	45
МАКАРЕВИЧ А.С., МАКАРЕВИЧ С.Д., КОСТЮК К.А. Создание устройства на базе эксцентриковой передачи для выполнения отверстий в строительных конструкциях при разборке завалов.....	47

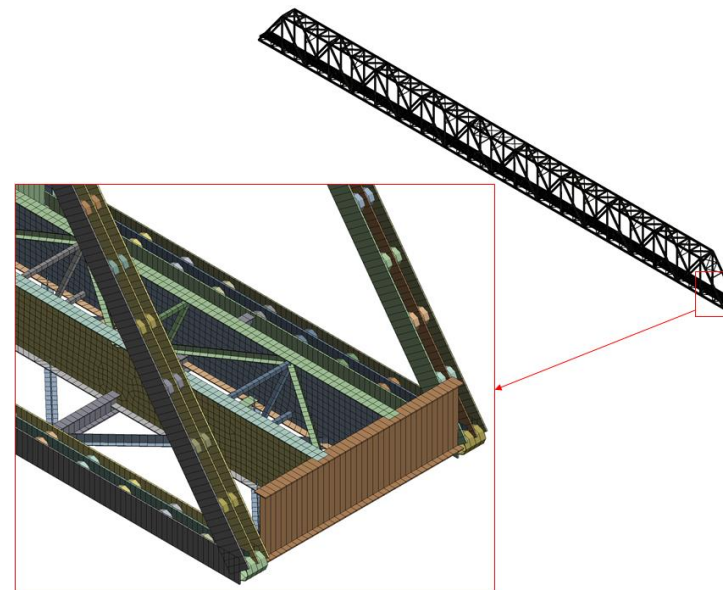


Рис. 2. Конечно элементная модель ж/д моста с ездой понизу

Выходные параметры ограничивали:

- массу конструкции (минимизация массы);
- максимальные и минимальные нормальные напряжения, возникающие в элементах главной фермы и не превышающие значения напряжений в стандартной ферме;
- суммарную деформацию элементов главной фермы, не превышающую деформацию в стандартной ферме.

Результаты, полученные при параметрической оптимизации предлагаемой металлоконструкции, и их сравнение с серийным типом конструкции указаны в табл. 1.

Табл. 1. Результаты исследований

Тип конструкции	Суммарные деформации, мм	σ_{\min} , МПа	σ_{\max} , МПа	Масса, кг	Стоимость, у.е.
По серии 3.501.2-166	127,39	-134,9	188,37	794270	724682,04
Предлагаемый элемент	125,6	-127,81	182,66	879540	532784,71

Применение новой конструктивной формы несущего элемента позволяет исключить недостатки, присущие стандартным элементам, в частности, сварным стержням коробчатого сечения. Было установлено, что использование параметрической оптимизации позволяет создать более совершенную конструкцию по сравнению со стандартным конструктивным решением, при этом экономический эффект от использования новой конструктивной формы позволяет существенно снизить стоимость на изготовление металлоконструкции в заводских условиях (более 20 %), по сравнению со стандартным конструктивным решением, принятым по серии 3.501.2-166.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Михайлов, В. В.** Пространственные стержневые конструкции покрытий (структуры) : учеб. пособие / В. В. Михайлов, М. С. Сергеев. – Владимир : Изд-во Владим. гос. ун-та, 2011. – 56 с.
2. **Лоусон, М.** Стальные конструкции в архитектуре / М. Лоусон, А. Билык. – Киев : Украинский центр стального строительства, 2015. – 135 с.
3. **Фридкин, В. М.** Конструктивно-технологические подходы к разработке современных сквозных стальных конструкций большепролетных сооружений / В. М. Фридкин, Д. О. Кузменко, Е. В. Кожемякина // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : междунар. науч.-техн. конф. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2015. – С. 274
4. **Заявка МПК Е 04В 1/08.** Структура несущих элементов стержневой строительной конструкции / В. М. Фридкин, И. М. Кузменко, Д. О. Кузменко, В. Н. Башаримова, Е. В. Кожемякина ; заявитель и патентообладатель Белорус.-Рос. ун-т. – № а 20160063 ; заявл. 26.02.16 ; опубл. 30.10.2017, Бюл. №5 (118).

СОДЕРЖАНИЕ

Пленарное заседание	
ГЕРАСИМЕНКО Н.В., ПОЧУЙКО В.Н. Цифровая система оперативного дистанционного контроля гибких труб с полимерной изоляцией.....	3
ТАРАДЕЙКО И.А. Повышение эксплуатационных свойств валов, упрочненных комбинированным магнитно-динамическим накатыванием.....	5
КУЗМЕНКО Д.О. Совершенствование пластинчато-стержневых несущих элементов сквозных металлических конструкций.....	10
Секция 1. Технология и оборудование машиностроения, автоматизация технологических процессов и производств, мехатроника	
ГОСПОД А.В. Прототип лазерного 3D сканера.....	15
ДАНЫБАЕВА Д.С. Обработка поверхностей штоков гидроцилиндров.....	16
ДОНЕНБАЕВ Б.С., САГИТОВ А.А. Проблемы обработки отверстий больших размеров крупногабаритных деталей.....	17
ДУБОВИК Д.А., ЧЕРНИН М.А. Способ управления буксованием ведущих колес мобильной машины.....	18
ЕЛИСЕЕВА А.Н., БЕЛАЯ М.А. Анализ проблемы влияния магнитного поля на тлеющий разряд, возбуждаемого в среде остаточного атмосферного газа.....	19
ИВАНОВ С.С., БЕРГ А.А. Аддитивные технологии и их применение.....	20
ИЛЮШИН И.Э. Управление промышленными роботами-манипуляторами в процессе дуговой сварки при наличии технологических ограничений.....	21
КАПИТОНОВ О.А., САСКОВЕЦ К.В. Ресурсоэффективный планетарный мотор-редуктор с устройством плавного пуска.....	22
ЛЕУШИН И.О., ГОРОХОВ Д.А. Производство тонкостенного алюминиевого литья на кокильных машинах с подвижным поддоном.	23
ЛЕУШИНА Л.И., КАЖАЕВА О.О. Инновация в технологии точного литья ответственных деталей машиностроения.....	24
МАРДОНОВ Б.Т. Специальный обкатной инструмент для финишной обработки цилиндрических зубчатых колес.....	25
ТАРАДЕЙКО И.А., СУХОЦКИЙ С.А. Исследование шумовых характеристик процесса комбинированного магнитно-динамического накатывания наружных поверхностей валов.....	26
ТУСУПОВА С.О. Методы повышения износостойкости, прочности и жесткости термофрикционных инструментов.....	27
ШАНИН В.А. Исследование оптимального способа закрепления ножа установки для резки кондитерских масс.....	28

Н. А. УВАРОВА, Е. А. АЖИГИНА

Ф-л ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»
Смоленск, Россия

В настоящее время развитие инновационной деятельности является одной из основных задач российской государственной политики, в т. ч. и на региональном уровне. При ее реализации не раз возникает задача релевантной оценки инновационных проектов, в ходе которой эксперты сталкиваются со следующими особенностями.

Инновационные процессы затрагивают широкий перечень вопросов, для чего требуются компетентные специалисты различных сфер. Их наличие в штате органов власти невозможно, а постоянное привлечение узкоспециализированных специалистов является дорогостоящим. При этом таких экспертов в определенном регионе может просто не оказаться. Кроме того, решение по инновационным проектам в данном случае принимается не предприятием, а органами государственного управления, где основными критериями выступают стратегически важные для региона направления развития, некоторые из которых трудно оценить количественно. Также имеется потребность в создании прозрачного и ясного алгоритма для принятия решений по проекту без его бюрократизации.

Ряд особенностей определяется самим характером инновационной деятельности. Такие проекты являются высокорисковыми, поскольку их результаты можно спрогнозировать лишь с определенной долей вероятности. Это определяет необходимость применения при их оценке статистических методов, учитывающих варианты реализации нескольких сценариев и уровень риска. Зачастую результат проекта представляет собой принципиально уникальный продукт, оценить который имеющимися инструментами невозможно. При сравнительных методах анализа возникает потребность в базе аналогичных случаев (например, релевантной выборки инновационных организаций, получающих и не получающих поддержку от государства), что зачастую затруднительно реализовать.

Выделенные особенности обуславливают необходимость особого подхода к формированию алгоритмов оценки инноваций и способов согласования экспертных данных.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-310-00222.

А. В. ГОСПОД

Научный руководитель М. М. КОЖЕВНИКОВ, канд. техн. наук, доц.
УО «Могилевский государственный университет продовольствия»
Могилев, Беларусь

Работа посвящена задачам идентификации объектов, для решения которых необходимо создавать 3D-облако точек на основе данных от 2D-датчика.

Для последующего решения таких задач разработан прототип лазерного 3D сканера (рис. 1).

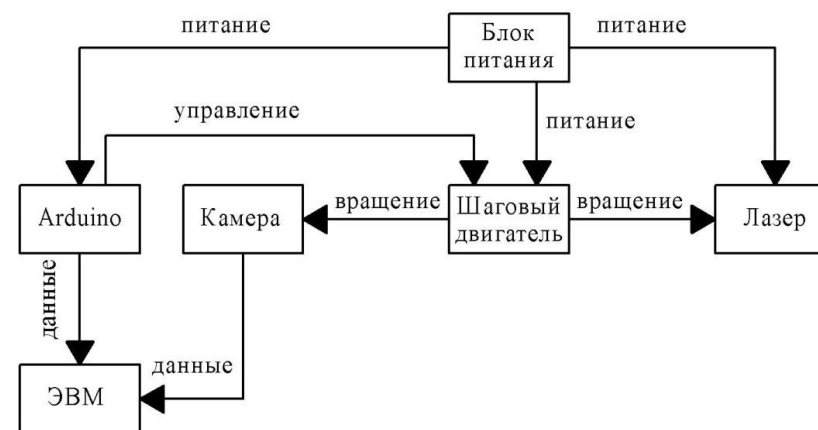


Рис. 1. Структурная схема лазерного 3D сканера

Прототип работает следующим образом: микроконтроллер Arduino осуществляет управление шаговым двигателем – придает вращение планке (длина 40 см), на которой установлены камера Logitech HD WebCam B525 (слева от оси вращения на расстоянии 18 см) и линейный лазер (справа от оси вращения на расстоянии 19 см), который служит в качестве ориентира для камеры. Угол между камерой и планкой составляет 60°. Управляющая программа, записанная в микроконтроллер Arduino, вращает шаговый двигатель на заданный угол, и отправляет этот угол поворота в программное обеспечение на ЭВМ, которое с помощью камеры и лазера формирует массив 3D точек и записывает их в текстовый файл.

Предлагаемый прототип может применяться для сканирования объектов сложной формы, кроме того использоваться для получения информации об окружающей среде.

Д. С. ДАНЫБАЕВА

Научный руководитель К. Б. КЫЗЫРОВ, канд. техн. наук, проф.
Карагандинский государственный технический университет
Караганда, Казахстан

Обслуживание гидравлического оборудования – это сложный технологический процесс, который требует уверенных знаний специфики работы устройств и высокой квалификации персонала, осуществляющего ремонт. Залогом долгой и безотказной работы гидравлики является своевременный техосмотр и благоприятные условия эксплуатации. Мелкие погрешности в работе системы требуют безотлагательного обращения к специалистам, т. к. в последствие они могут спровоцировать крупные поломки механизмов, вплоть до его выхода из эксплуатации.

Ремонт гидроцилиндров бывает двух видов – капитальный и текущий. Капитальный ремонт предусматривает замену резинотехнических изделий, диагностику работы штока гидроцилиндра и последующие действия, направленные на устранение неисправностей или замену детали, хонингование гильзы гидроцилиндра или ее замену, ремонтные работы по устранению неисправностей в работе направляющей или поршня гидроцилиндра, ремонт крепежных деталей цилиндра, замену (доработку) буксы и проушины гидроцилиндра. Текущий ремонт гидроцилиндров включает в себя разборку и очистку всех деталей, замену уплотнений, проверку деталей на правильность работы (гильза и шток), хромирование поверхностей штока, покраску гидроцилиндра.

Также для повышения износостойкости контактирующих пар можно использовать методы нанесения износостойких покрытий.

Для обработки поверхностей штоков гидроцилиндров целесообразно применение процесса *вибрационного обкатывания*. Виброобкатывание является эффективным способом повышения износостойкости и герметичности контактирующих пар, в частности, узлов уплотнения, уменьшения трения и других важных эксплуатационных свойств.

Покрyтия из карбида вольфрама. Карбид вольфрама (WC) применяется для производства покрытий DLC (алмазоподобных покрытий). Они являются чрезвычайно твердыми и долговечными и защищают от износа детали двигателя и прочие компоненты для автомобильной промышленности, подвергающиеся большим нагрузкам.

Альтернативные решения на основе железа. При работе штоков в менее критичных условиях допускается применение порошков на основе железа. В случае применения подобных материалов необходимо провести правильный подбор марки порошка под существующее уплотнение штока.

А. И. СЕЛЮК

Научный руководитель Л. Ю. ПШЕБЕЛЬСКАЯ, канд. экон. наук, доц.
УО «Белорусский государственный технологический университет»
Минск, Беларусь

Переработка термопластичных полимеров, которые в настоящее время вторично не используются, а захораниваются предприятиями на полигонах, является стратегическим решением организаций внедрить технологические и организационно-управленческие инновации, тем самым увеличить объемы использования в производственных процессах вторичного сырья, повысить свою эффективность функционирования, сократить затраты, а также соответствует целям и задачам Национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь на период до 2030 г.

Пластиковые изделия после использования сохраняют практически все свои свойства, а замена металлических конструкций в автомобилестроении, машиностроении, сельском хозяйстве, строительстве на изделия из полимерных (композитных) материалов позволит снизить импорт дорогостоящих материалов при неухудшении качества готовой продукции. При этом можно отметить, что белорусские предприятия, занятые изготовлением изделий из полимеров, обладают производственным потенциалом и имеют резервы по производственной мощности (около 25–30 %).

В Беларуси зарегистрировано около ста организаций, занимающихся переработкой пластмасс промышленности или бытовых отходов. По разным оценкам сейчас содержание отходов пластика в составе бытовых отходов жителей Беларуси достигает 7 % по весу. В большинстве стран Европейского союза данный показатель больше примерно вдвое. Однако проблемой в данном направлении является то, что не весь пластик может быть переработан по существующим технологиям. После сортировки в качестве вторичного сырья признаны следующие виды: ПЭТ-бутылка, упаковка и предметы домашнего обихода из полиэтилена и полипропилена, изделия из АБС-пластика. Отрицательным моментом для рационального природопользования имеющихся ресурсов и оперативного вмешательства заинтересованных сторон является отсутствие информации в открытом доступе об объеме и типах образующихся промышленных полимерсодержащих отходов.

В настоящее время специалистами Белорусского государственного технологического университета предложена и экономически обоснована новая технология, позволяющая выпускать конкурентоспособную продукцию из композиций на основе отходов полипропилена и отходов тяжелого пластика, извлекаемого из аккумуляторных батарей.

УДК 656:025
ПАРАМЕТРЫ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ УДОВЛЕТВОРЕНИЯ СПРОСА НА
ГОРОДСКИЕ ПАССАЖИРСКИЕ ПЕРЕВОЗКИ

И. В. РОДИОНОВСКИЙ, М. С. ДРОЗДОВСКИЙ
Научный руководитель Т. В. РОМАНЬКОВА, канд. экон. наук, доц.
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
Могилев, Беларусь

В г. Могилеве рынок транспортных услуг по перевозке пассажиров представлен следующими видами транспорта:

- автобусным;
- троллейбусным;
- маршрутным такси.

Оценка значимости функций, выполняемых городским транспортом, позволила установить наиболее важную из них – социальную функцию.

На результат реализации социальной функции городским транспортом оказывает непосредственное влияние степень удовлетворения спроса населения перевозками (чем больше удовлетворен спрос на городские перевозки, тем лучше реализуется социальная функция и выше результаты экономической функции).

Исследование показало, что степень удовлетворения спроса населения городским транспортом представляет собой интегральный показатель, который имеет комплексный характер, т. к. может быть описан следующими параметрами: время работы на линии; частота движения; регулярность перевозок; надежность; время в пути на маршруте; комфортность; стоимость проезда; пассажиропоток; коэффициент выпуска; наполняемость транспортного средства.

Все выбранные параметры, кроме стоимости проезда, имеют одинаковую направленность: «чем больше уровень, тем выше степень удовлетворения спроса» и могут быть использованы при расчете степени удовлетворения спроса пассажиров перевозками городским транспортом по средней геометрической величине.

Таким образом, на основе оценки степени удовлетворения спроса установлено:

- по большинству параметров в полной мере запросам пассажиров соответствует маршрутное такси, т. к. интегральный показатель имеет наибольшее значение;
- более низкая степень удовлетворения спроса пассажиров троллейбусным транспортом;
- параметры, которые необходимо совершенствовать и регулировать для повышения степени удовлетворения спроса городскими пассажирскими перевозками автобусным и троллейбусным транспортом.

УДК 621.09.1
ПРОБЛЕМЫ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ БОЛЬШИХ РАЗМЕРОВ
КРУПНОГАБАРИТНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Б. С. ДОНЕНБАЕВ, А. А. САГИТОВ
Научный руководитель К. Т. ШЕРОВ, д-р техн. наук, проф.
Карагандинский государственный технический университет
Караганда, Казахстан

Результаты исследования, выполненного в условиях машиностроительных заводов Республики Казахстан, в частности, в условиях АО «Алматинский завод тяжелого машиностроения», и крупных машиностроительных заводов Карагандинского региона, показали, что более 40 % деталей, подвергающихся механической обработке, имеют отверстия больших размеров. Обработка этих отверстий производится в основном растачиванием, что требует дополнительного изготовления технологической и инструментальной оснастки. В большинстве случаев механическая операция состоит из двух переходов: черновое и чистовое растачивание. При больших размерах отверстий обеспечение точности затруднительно, а иногда вовсе сложно обеспечить. Это связано с появлением больших вибраций, сложностью взаимосвязанной точной установки технологической и инструментальной оснастки, быстрым износом режущего инструмента, который сопровождается переналадкой технологической операции. Все эти проблемы приводят к снижению точности и качества обработки, а также к повышению себестоимости изготовления детали. Для решения данной проблемы в рамках выполнения грантовой темы № 2162/ГФ4 (Рег. №0215РК02401) были исследованы и разработаны ресурсосберегающие термофрикционные способы обработки на малых скоростях и, на их основе, комбинированные способы ротационно-фрикционной обработки (РФО) наружных цилиндрических и внутренних поверхностей. Технология РФО отверстий сокращает переходы расточной операции, обеспечивая качество, соответствующее чистовому растачиванию. Высокая производительность комбинированных инструментов для совмещенной обработки обеспечивается за счет резкого сокращения машинного и вспомогательного времени обработки, а также времени, связанного с установкой и настройкой инструментов на станке для выполнения отдельных операций. Разработанные комбинированные инструменты для РФО созданы путем комбинирования двух способов термофрикционной и ротационной обработки, работающих на основе единой кинематики – свободного вращения в процессе обработки режущих элементов. Они обладают высокой стойкостью, производительностью и простотой заточкой режущего элемента.

УДК 629.33
СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ БУКСОВАНИЕМ ВЕДУЩИХ КОЛЕС
МОБИЛЬНОЙ МАШИНЫ

Д. А. ДУБОВИК, М. А. ЧЕРНИН
ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси»
ОАО «ЭКРАН»
Минск, Борисов, Беларусь

Одним из направлений повышения технического уровня мобильных машин является все более широкое применение бортовых электронных систем управления [1]. К таким системам относятся противобуксовочные системы (ПБС), эффективность которых во многом зависит от продвинутой алгоритмы их работы [2].

Разработан способ управления буксованием ведущих колес, при котором подтормаживают и растормаживают ведущие колеса, регулируют мощность двигателя. Подтормаживают ведущее колесо с более высоким буксованием до выравнивания кинематических параметров колес при достижении значения рассогласования кинематических параметров пороговой величины. Растормаживают ведущее колесо при превышении буксования неподторможенного колеса буксования подторможенного колеса до выравнивания их кинематических параметров. Мощность двигателя регулируют путем уменьшения крутящего момента до выравнивания параметров кинематики ведущих и ведомых колес в случае превышения их рассогласования пороговой величины и равенства буксований колес.

Эффективность способа оценивалась моделированием движения машины, близкой по своим параметрам к автопоезду МАЗ-54421+9758, с помощью уравнений [3]. Исследования показали, что разработанный способ позволяет повысить КПД ходовой системы [4] на 8,2 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Дюжев, А. А.** Развитие бортовых электронных и мехатронных систем мобильных машин в Республике Беларусь / А. А. Дюжев, Д. А. Дубовик, В. В. Савченко // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2013. – № 9. – С. 41–46.
2. **Дубовик, Д. А.** Снижение энергозатрат многоприводных колесных машин путем совершенствования механических приводов ведущих колес: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – Могилев, 2012. – 44 с.
3. **Высоцкий, М. С.** Математическое моделирование криволинейного движения колесных машин / М. С. Высоцкий, Д. А. Дубовик // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2008. – № 2. – С. 6–15.
4. **Высоцкий, М. С.** Коэффициент полезного действия ходовых систем колесных машин / М. С. Высоцкий, Д. А. Дубовик // Докл. НАН Беларуси. – 2007. – Т. 51, № 2. – С. 91–94.

УДК 338.984
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ФИНАНСОВЫМИ
РЕСУРСАМИ В УЧРЕЖДЕНИЯХ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

Е. С. НЕЧАЕВА, Т. А. БОРОДИЧ
Научный руководитель Т. Г. НЕЧАЕВА, канд. экон. наук, доц.
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
Могилев, Беларусь

Здравоохранение, как и любая отрасль народного хозяйства, действует в определенных экономических условиях, для функционирования которого необходимо наличие всех видов ресурсов, величины которых ограничены. Соответственно, наиболее актуальной проблемой финансово-экономической деятельности организаций здравоохранения является повышение их эффективности за счет оптимизации использования имеющихся ресурсов и поиска альтернативных источников финансирования.

В ходе анализа основных финансово-экономических показателей деятельности УЗ «Мстиславская центральная районная больница», можно сделать вывод о снижении эффективности управления финансовыми ресурсами в организации, т. к. наблюдается уменьшение выручки от реализации платных медицинских услуг по внебюджетной деятельности в 2017 г. на 0,51 %, наличие убытка в 2017 г. и отрицательное значение рентабельности услуг.

Рассматривая структуру финансовых ресурсов УЗ «Мстиславская центральная районная больница», следует отметить, что основным источником финансирования расходов учреждения являются бюджетные средства, на их долю в 2015 г. приходилось 96,82 %, в 2016 г. – 96,87 %, в 2017 г. – 97,17 %. Доля же внебюджетных средств незначительна и в 2017 г. составила 2,83 %.

В структуре доходов от оказания платных медицинских услуг наибольший удельный вес приходится на доходы от зуболечения – 18,62 % в 2015 г. и 23,46 % в 2017 г. Значителен также удельный вес доходов от профосмотров и медосвидетельствования граждан (13,88 % в 2017 г.), зубопротезирования (12,25 %).

Исходя из вышеизложенного, основным направлением наиболее эффективного и рационального использования средств медицинских учреждений является наработка опыта в оказании платных медицинских услуг населению. Со стороны администрации обязателен неукоснительный и непрерывный оперативный контроль над рациональным использованием материальных ценностей.

Д. В. МОРОЗОВА, А. А. ТЕРЕХОВА
Научный руководитель С. А. АЛЕКСАНДРОВА
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
Могилев, Беларусь

Для успешного развития бизнеса необходимо использовать разнообразные инструменты и методы управления финансово-хозяйственной деятельностью. В частности, актуально управление затратами и доходами с использованием методики маржинального анализа. Авторами была изучена структура затрат Могилевского филиала Автобусный парк №1 ОАО «Могилевоблавтогтранс», выполнена оценка безубыточности. В структуре затрат организации имеется преобладание переменных затрат над постоянными, что характерно для транспортной организации. Такая структура затрат определяет относительно высокий маржинальный доход, невысокие значения точки безубыточности и операционного леввериджа (рычага) и, соответственно, невысокие риски для организации в краткосрочной перспективе. В то же время, низкие тарифы из-за социальной ориентированности пассажирских перевозок, отсутствие системного управления затратами и доходами приводят к убыточности предприятия (табл. 1).

Табл. 1. Показатели маржинального анализа

Показатель	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Выручка от реализации, тыс. р.	25 859	26 445	28 071
Постоянные затраты, тыс. р.	6 282,79	6 953,64	7 883,94
Переменные затраты, тыс. р.	20 967,21	19 894,36	21 486,06
Прибыль, тыс. р.	-1 391	-403	-1 299
Маржинальный доход, тыс. р.	4 891,79	6 550,64	6 584,94

Анализ показал снижение объемов перевозок, увеличение выручки от реализации только за счет ценового фактора, опережающий рост затрат над тарифами, что свидетельствует об ухудшении финансовых показателей предприятия. Убыточность и нестабильные показатели деятельности вызывают дополнительные риски. Прибыль предприятия не защищена от различных возможных негативных событий: падения спроса, повышения цен и т. п.

Таким образом, Могилевскому филиалу Автобусный парк №1 ОАО «Могилевоблавтогтранс» необходимо снижать уровень затратности перевозок, повышать доходность, в т. ч. за счет диверсификации деятельности, повышения качества перевозок, совершенствования аналитического учета и управления затратами и доходами.

А. Н. ЕЛИСЕЕВА, М. А. БЕЛАЯ
Научный руководитель В. М. ШЕМЕНКОВ, канд. техн. наук, доц.
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
Могилев, Беларусь

На современном этапе машиностроения актуальным является разработка наукоемких и ресурсосберегающих технологий, позволяющих в одном материале сочетать различные физические свойства, такие как твердость, прочность и износостойкость.

Тлеющий разряд широко используется в современном машиностроении при насыщении рабочих поверхностей оснастки различными элементами, а также при их упрочнении.

Выполнен большой объем исследовательских работ в направлении повышения эксплуатационных характеристик технологической оснастки обработкой плазмой тлеющего разряда. Однако все возрастающие требования к производительности и эффективности процесса требуют его постоянной модернизации.

Одним из вариантов повышения производительности процесса упрочнения тлеющим разрядом может быть использование магнитного поля. Прикатодное магнитное поле в системах катодного распыления позволяет увеличить поток ионов на катод, тем самым многократно увеличить количество ионов налетающих на поверхность в единицу времени.

Остается малоизученным вопрос о влиянии магнитного поля на высоковольтный тлеющий разряд, зажигаемый в среде остаточных атмосферных газов. Поэтому с точки зрения изучения физики процесса необходимо изучить влияние прикатодного магнитного поля на вольт-амперную характеристику тлеющего разряда.

Как показали исследования, прикатодное магнитное поле оказывает существенное влияние на плотность тока тлеющего разряда. Установлено, что при одном и том же напряжении сила тока при индуктивности «катодного» магнитного поля 0,1...2,0 Тл на 40–50 % больше, чем без него.

Использование магнитного поля при обработке тлеющим разрядом является перспективным и требует дальнейших исследований.

С. С. ИВАНОВ, А. А. БЕРГ

Научный руководитель В. А. ЭТТЕЛЬ, канд. техн. наук, проф.

Карагандинский государственный технический университет

Караганда, Казахстан

В настоящее время все чаще компании пытаются найти нетрадиционные варианты изготовления продукции с помощью технологий 3D-печати.

3D-печать – целый спектр методов послойного синтеза. Изначально 3D технологии позволяли создавать лишь прототипы. Сегодня уровень технологий возрос, и прототипы уже заменяют на изготовление заготовок и готовых деталей.

Крупные предприятия оказывают огромное внимание по переориентированию своего производства в русло аддитивного проектирования.

В качестве примера следует привести производителя космической техники Space X, активно участвующего в исследованиях космоса. По планам компании строительство зданий на Марсе будет осуществляться с использованием аддитивных технологий.

Отечественные компании-потребители показывают рост заинтересованности в аддитивных технологиях, т. к. эффективность технологий уже подтверждена мировым опытом.

Часто 3D-печать используют как средство снижения общего веса изделия. Так, например, гидравлический блок производят из массивного материала, что приводит к «перевесу» изделия. Аддитивное производство позволяет использовать материал более разумно: появляются легкие конструкции, имеющие такие же показатели работоспособности и стойкости. Однако к гидравлическим конструкциям часто предъявляют повышенные требования по качеству. Высокое давление требует высокого качества изготовления элементов конструкции. Контролировать данные изделия нужно с помощью современных методов контроля, в частности, с применением САЕ-технологий. Данный метод позволит получить полную картину о точности размеров, а также о количестве и распределении дефектов в изделии.

Таким образом, аддитивные технологии – это будущее производственной сферы.

А. В. МАЛАЩЕНКО, А. А. ТЕРЕХОВА

Научный руководитель С. А. АЛЕКСАНДРОВА

ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»

Могилев, Беларусь

Для повышения эффективности поставки готовой продукции на внешний рынок необходимо организовать оптимальную транспортировку продукции со склада предприятия-продавца покупателю.

Были изучены организация и механизм управления транспортным процессом при доставке готовой продукции ОАО «Могилевхимволокно». В результате исследования был выявлен ряд нерешенных задач, связанных с сокращением времени перевозки грузов и простоев в ожидании погрузки-выгрузки транспортных средств, сглаживанием неравномерности транспортного потока при распределении продукции в течение года, а также с уменьшением времени прохождения информации в процессе организации транспортировки грузов от поставщика к потребителям.

Проблему недостаточной интерактивности и оперативности информации было предложено решать путем внедрения единой межнациональной коммуникативной информационной системы «1С: Предприятие 8. TMS Логистика. Управление перевозками».

Для сокращения транспортного процесса были спланированы операции транспортировки совместно с другими логистическими функциями: управлением запасами и складированием, созданы согласованные планы-графики по отгрузке и доставке продукции со склада клиентам с помощью предложенного к внедрению программного продукта.

В рамках оптимизации были проведены расчеты экономии времени по элементам транспортного процесса по доставке готовой продукции по маршрутам Могилев – Шахты (Калужская область) и Могилев – Ростов-на-Дону и построены технологические схемы перевозки продукции.

В результате был ускорен процесс транспортировки более чем на 20 часов за счет сокращения времени на погрузку-выгрузку автомобилей и простоев в ожидании погрузки путем эффективного распределения рабочих, а также контроля потребностей в выделении ресурсов на выполнение рейсов. Используя оперативную информацию о наличии пробок, дорожных работ, можно значительно сократить время работы на маршруте, а также время простоя на таможне. Экономический эффект проявляется в сокращении затрат на хранение и доставку документов, а также в экономии времени на обработку заявок, подготовку сопровождающей груз документации, что увеличивает скорость обслуживания.

УДК 336.71
ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В СФЕРЕ
ДИСТАНЦИОННОГО БАНКОВСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ
КАК ФАКТОР ЭФФЕКТИВНОЙ РАБОТЫ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ БАНКОВ

Е. О. МАКСИМОВА

Научный руководитель И. А. ЯНКИНА, д-р экон. наук, проф.
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»
Красноярск, Россия

В настоящее время инновационная деятельность в сфере дистанционного банковского обслуживания (ДБО) – залог оптимальной и продуктивной работы кредитных учреждений России. Чтобы проводить анализ эффективности работы отечественного банка в данной области рекомендуется частично опираться на оценку и обзор результатов инновационной деятельности банков за рубежом.

Использование инновационных цифровых разработок, характерных для зарубежных кредитных учреждений, способствует минимизации рисков, растущих со стороны небанковских конкурентоспособных организаций, у которых есть возможность разработки различных продуктов достаточно эффективно и быстро.

Высокая степень удовлетворенности клиентов современным дистанционным банкингом обеспечивается с помощью следующих основных факторов: высокая скорость, широкие возможности, мобильность и удобство использования.

За результативность внедрения инновации в сферу дистанционного банковского обслуживания присвоены наивысшие оценки следующим банкам: ДБО для корпоративных клиентов – Citi, турецкие Akbank и Garanti Bank, из Польши – mBank, словацкий Tatra banka.

За инновации, внедренные в сферу ДБО, отмечены, помимо банковских, небанковские организации: инновационная финансовая сеть – Lendstar, Banco Industrial (Республика Гватемала), группа Эмираты НБД внедрила сервис DirectRemit.

В качестве ключевых моментов, которые могут повлиять на развитие системы ДБО в России можно кратко выделить:

- 1) использование клиентами вместо банковских карт мобильных приложений;
- 2) клиенты всегда останавливают выбор на более удобных сервисах оплаты (зарубежные банки повсеместно предлагают, например, способ аутентификации – отпечаток пальца или голосовая биометрия);
- 3) необходимо не унифицировать систему ДБО, а персонализировать элементы, т. к. банк должен направлять свою деятельность на удовлетворение потребностей различных групп клиентов.

Таким образом, персонализация сервиса является необходимостью функционирования для дистанционного банковского обслуживания России, что обосновано зарубежным опытом.

УДК 681.5.015
УПРАВЛЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫМИ РОБОТАМИ-
МАНИПУЛЯТОРАМИ В ПРОЦЕССЕ ДУГОВОЙ СВАРКИ
ПРИ НАЛИЧИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОГРАНИЧЕНИЙ

И. Э. ИЛЮШИН

Научный руководитель М. М. КОЖЕВНИКОВ, канд. техн. наук, доц.
УО «Могилевский государственный университет продовольствия»
Могилев, Беларусь

Работа посвящена задачам управления промышленными роботами-манипуляторами (РМ) и роботизированными технологическими комплексами (РТК) в процессе дуговой сварки. Типичный РТК для дуговой сварки включает роботы-манипуляторы с шестью степенями подвижности и позиционер (манипулятор изделия), который может иметь до трех степеней подвижности. Позиционер предназначен для обеспечения требуемой ориентации шва относительно направления действия силы тяжести и обеспечения доступности шва для сварочной горелки.

Задача управления РМ в процессе дуговой сварки рассматривалась в следующем виде: найти траектории, позволяющие движение сварочной горелки вдоль сварного шва за счет скоординированного перемещения робота-манипулятора и позиционера по свободным от столкновений конфигурациям с учетом технологических (накладываемых на углы сварки) и механических (обусловленных конструкцией робота) ограничений.

Для решения поставленной задачи разработан метод и алгоритм управления РМ и РТК в процессе дуговой сварки. Предлагаемый подход протестирован на примере роботизированной ячейки сборочно-сварочного комплекса, построенного на базе манипулятора IR761, пятиосного позиционера и контроллера RCM3. Позиционер позволяет одновременно проводить сварочные операции, ориентировать свариваемое изделие с одной стороны ограничительной стенки-экрана и операции загрузки-выгрузки с другой стороны. Сварка изделия выполняется в несколько этапов, перед каждым из них выполняется установка и прихватка необходимых на данной стадии деталей. Результаты тестирования разработанного метода и алгоритма показывают, что предложенный подход к управлению позволяет найти траектории движения робота-манипулятора вдоль сварных швов с эффективным обходом технологических ограничений, а также снизить объемы движений робота при выполнении ориентирующих операций позиционером.

УДК 621.83.06, 621.3
РЕСУРСОЭФФЕКТИВНЫЙ ПЛАНЕТАРНЫЙ МОТОР-РЕДУКТОР
С УСТРОЙСТВОМ ПЛАВНОГО ПУСКА

О. А. КАПИТОНОВ, К. В. САСКОВЕЦ
Научный руководитель А. В. КАПИТОНОВ, канд. техн. наук, доц.
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
Могилев, Беларусь

В настоящее время планетарные передачи с сателлитами в виде шариков или роликов значительно усовершенствовались, что привело к улучшению их эксплуатационных характеристик и упрощению конструкций. В этих передачах упразднились каналы возврата сателлитов за счет выполнения дорожек в виде замкнутых периодических кривых на цилиндрах или на дисках.

Задачей исследований являлось совершенствование конструкции мотор-редуктора с устройством плавного пуска с целью уменьшения массогабаритных параметров и получения высоких характеристик кинематической точности и плавности работы. Улучшение конструкции получено за счет эксцентриков, установленных оппозитно друг другу, и колеса, имеющего специальный периодический профиль на внутренней поверхности. Для повышения плавности работы мотор-редуктора при его запуске предложена оригинальная схема устройства плавного пуска с улучшенными энергетическими характеристиками и повышенной электромагнитной совместимостью с питающей сетью. Предлагаемая разработка обеспечивает три варианта управления электродвигателем в процессе пуска: регулирование напряжения на статоре электродвигателя по заданной зависимости от времени, ограничение пускового тока до заданной величины, регулирование момента на валу электродвигателя по заданной зависимости от времени.

Для оценки работы мотор-редуктора создана компьютерная модель, позволяющая определить его кинематические характеристики. Получены графики угловых скоростей, ускорений, кинематической погрешности вращающихся звеньев, разработана методика спектрального анализа.

В результате моделирования кинематики и динамики разработанного планетарного мотор-редуктора с передаточным отношением $i = 14$ установлено, что колебания угловой скорости ведомого вала из-за динамических нагрузок с приложенным моментом 20 Нм на ведомом звене, составили – 0,18 об/мин (3 % от номинальной угловой скорости ведомого вала). Наибольшая кинематическая погрешность после стабилизации скорости вращения составила – 0,013 град.

УДК 338.24
МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗВИТИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ
НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТЕКСТИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

О. Д. МАКАРЕВИЧ
Научный руководитель Р. Б. ИВУТЬ, д-р экон. наук, проф.
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
Могилев, Беларусь

Методической основой развития логистических систем на предприятиях текстильного и швейного производства может служить подход к их развитию на основе таких характеристик, как динамичность, адаптивность и выравнивание, которые также предлагается декомпозировать для выделения направлений их достижения.

Высокоэффективные цепочки поставок в рамках деятельности логистических систем обладают тремя совершенно разными качествами:

- гибкие, т. е. быстро реагируют на внезапные изменения спроса или предложения;
- адаптируются с течением времени по мере развития рыночных структур и стратегий;
- согласовывают интересы всех субъектов, чтобы предприятие могло оптимизировать производительность в логистической системе при условии максимизации своих целей в рамках стратегического развития.

Таким образом, только логистические системы, которые являются гибкими, адаптируемыми и выровненными, обеспечивают предприятию устойчивое конкурентное преимущество. Новизна исследования для предприятий текстильного производства заключается в разработке теоретико-методического подхода к обеспечению устойчивости развития логистических систем, основными элементами которого являются:

- 1) динамичность, которая реализуется в способности быстро реагировать на краткосрочные изменения в требованиях покупателей, а также в своевременном успокоении системы при проявлении внешних возмущений;
- 2) адаптивность, которая реализуется через приспособляемость логистической системы к структурным изменениям на рынке, к новым требованиям потребителей, поставщиков, перевозчиков, к новым технологиям и стратегиям;
- 3) выравнивание, которое реализуется через разработку механизма сбалансированности интересов всех участников системы с внешним окружением, распределением задач и ответственности персонала, организации действенной системы мотивации с целью снижения внутренних рисков.

Н. А. КОВАЛЕВСКАЯ

Научный руководитель М. Н. ГРИНЕВИЧ, канд. экон. наук, доц.
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
Могилев, Беларусь

Диспетчированием транспорта на предприятии занимается транспортная служба, которая осуществляет доставку готовой продукции от заводоизготовителя до потребителя.

Эффективность диспетчирования транспорта на предприятии зависит от следующих показателей:

- коэффициент технической готовности парка автомобилей;
- коэффициент выпуска автомобилей на линию;
- коэффициент использования грузоподъемности автомобиля;
- простой автомобиля в ремонте и на техническом обслуживании;
- время простоя автомобиля под погрузкой/выгрузкой за одну поездку.

Целесообразно регламентировать контроль выполнения данных показателей на предприятии.

В рамках актуализации контроля показателей целесообразно формализовать действительный функционал каждой штатной единицы персонала, чтобы понимать его коэффициент загрузки для возможности привлечения их к непрофильной работе.

Также для повышения эффективности диспетчирования на транспорте необходимо решать следующие задачи:

- оптимизация бизнес-процессов обработки и отгрузки товаров на складах готовой продукции;
- организация и управление транспортной деятельностью предприятия;
- обеспечение рационального потребления горюче-смазочных материалов (ГСМ);
- проведение анализа эксплуатации транспортных средств, по результатам которого будут разработаны мероприятия по устранению фактов нерационального расходования ГСМ;
- своевременное техническое обслуживание транспортных и погрузочно-разгрузочных средств транспортного подразделения.

Таким образом, реализация проведенных мероприятий позволит улучшить работу транспортного подразделения предприятия.

И. О. ЛЕУШИН, Д. А. ГОРОХОВ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет
им. Р. Е. Алексеева»
Нижний Новгород, Россия

Производство тонкостенных литых заготовок деталей машин из алюминиевых сплавов в металлические формы часто сталкивается с проблемой обеспечения необходимого уровня качественных характеристик получаемых отливок по причине наличия у них дефектов усадочного и газового характера. Дополнительные сложности создают недостаточная технологичность некоторых алюминиевых сплавов, особенно легированных и сплавов специального назначения, в частности, их склонность к образованию усадочных раковин и пористости, образованию трещин и окислению в ходе заполнения кокиля и дальнейшего формирования отливок.

Эта проблема решается: проведением внепечной обработки расплава (дегазация, рафинирование); назначением в опасных зонах отливки увеличенных припусков на механическую обработку; установкой над тепловыми узлами питающих элементов (прибылей, напусков); выбором такой конструкции литниковой системы, которая бы обеспечила спокойный режим заполнения формы, исключая образование пены и механическое замешивание окислов, газов, воздуха внутрь потока. Однако перечисленные мероприятия не всегда дают гарантированный позитивный эффект, снижая при этом технологический коэффициент выхода годного из-за повышенного расхода металла.

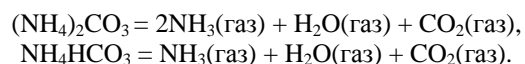
В качестве альтернативы предлагается использовать возможности кокильных машин с подвижным поддоном, имеющихся в заготовительных производствах многих машиностроительных предприятий. Кокиль, в котором рабочая полость, конструктивно связанная с прибыльной частью, расположенной сверху, в нижней части вне рабочей полости формы имеет своеобразную камеру прессования, а соответствующий ей пресс-поршень закреплен на подвижном поддоне кокильной машины. После установки кокиля на поддон между плитами машины и заливки металлической формы расплавом предусматривается подпрессовка затвердевающей отливки снизу с использованием привода подвижного поддона.

Это позволяет полностью устранить или значительно уменьшить в дефекты усадочного и газового характера, повысить механические свойства материала отливки, существенно сократить расход металла на прибыльную часть.

Л. И. ЛЕУШИНА, О. О. КАЖАЕВА
ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет
им. Р. Е. Алексеева»
Нижний Новгород, Россия

Для производства точных заготовок ответственных деталей машин отечественные машиностроительные предприятия достаточно широко используют способ литья по выплавляемым моделям (ЛВМ). При этом наряду с преимуществами он характеризуется такими недостатками, как дороговизна применяемых материалов и длительность производственного цикла. С целью экономии затрат некоторые предприятия практикуют изготовление многослойных оболочковых форм ЛВМ по дуплекс-схеме с использованием двух связующих материалов, существенно различающихся по рыночной цене: внутренние, рабочие, слои, непосредственно контактирующие с металлическим расплавом – например, на основе дорогостоящего гидролизованного этилсиликата, а внешние, укрепляющие, слои – на основе относительно дешевого жидкого стекла. Однако, пониженная трещиностойкость внешних слоев таких форм часто не позволяет гарантировать стабильность качества получаемых отливок при прокаливании оболочек и последующей заливке металлическим расплавом, что особенно недопустимо для производства изделий ответственного назначения.

В этой связи предложено и успешно опробовано в условиях действующего производства внесение в материал огнеупорной обсыпки укрепляющих слоев оболочковой формы ЛВМ технологической добавки на основе порошкообразных карбонатов и гидрокарбонатов, поскольку при термическом воздействии они разлагаются с образованием летучего диоксида углерода, способствующего упрочнению жидкостекольных формовочных смесей. Рассматривались и оценивались варианты соединений бария, магния, кальция, калия, натрия и аммония. Наилучшие результаты ожидаются с карбонатом и гидрокарбонатом аммония, которые при рабочих температурах процесса ЛВМ разлагаются по реакциям:



Среди продуктов этих реакций нет твердых веществ, что позволяет сохранить требуемый уровень газопроницаемости формы, сохранив открытыми ее поры, что важно при заливке оболочки металлическим расплавом. Присутствие комбинации паров аммиака и воды способствует дегидратации внутренних слоев формы на основе гидролизованного этилсиликата.

В. И. ВИННИКОВА
Научный руководитель Т. Г. НЕЧАЕВА, канд. экон. наук, доц.
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
Могилев, Беларусь

У предприятий всех форм собственности для осуществления своей деятельности все чаще возникает потребность в привлечении заемных средств и увеличения прибыли. Кредитование предприятий является одним из самых доходных и рискованных видов банковской деятельности. С целью минимизации кредитных рисков, банки тщательно оценивают правоспособность потенциального кредитополучателя (предприятия), его кредитоспособность и репутацию в деловом мире. Следовательно, большое внимание должно уделяться механизму выбора направлений кредитования предприятий при взаимодействии с банками. Для этого необходимо изучить:

- порядок и условия кредитования предприятий;
- количественный и качественный анализ корпоративного кредитного портфеля;
- пути повышения эффективности кредитных операций.

В результате, на практике наиболее распространены количественный и качественный анализ корпоративного кредитного портфеля. В 2017 г. корпоративный кредитный портфель ОАО «Белагропромбанк» составлял 5 147 457 тыс. р. и уменьшился по отношению к 2016 г. на 19,72 %. Темп роста за рассматриваемый период составил 94 %. Наибольший удельный вес в 2015 г. в структуре корпоративного кредитного портфеля занимают кредиты сельскохозяйственному сектору, в 2016 г. и в 2017 г. – производственной сфере, т. к. значительная часть кредитования осуществляется по государственным программам. В 2016 г. по сравнению с 2015 г. наблюдается рост пролонгированной, просроченной и проблемной задолженностей. Было выявлено, что корпоративный кредитный портфель ОАО «Белагропромбанка» является сбалансированным, но банк осуществлял выдачу кредитов с меньшей доходностью и с повышенным риском, как показывают результаты анализа рискованности и доходности за 2017 г. кредитного портфеля. Возможные направления развития системы кредитования предприятий: совершенствование методики определения кредитоспособности клиента, запуск кредитных продуктов со сниженной ставкой и совершенствование дистанционного банковского обслуживания.

УДК 336.717.061
ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ ТОРГОВОГО
ПРЕДПРИЯТИЯ

А. М. ВЕРЕТЕННИКОВА
Научный руководитель О. Д. МАКАРЕВИЧ
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
Могилев, Беларусь

Управляя качественными и финансовыми результатами, торговое предприятие должно уделять внимание непрерывному совершенствованию деятельности, конечной задачей которого являются полное удовлетворение клиентов и формирование позитивного имиджа.

Для оценки эффективности деятельности ТУП «Могилевская межрайбаза» были взяты следующие показатели: прибыльность деятельности, затраты на стимулирование сбыта, качество обслуживания клиентов, мотивация и профессионализм работников. Все перечисленные показатели влияют на эффективность коммерческой деятельности в целом.

По результатам проведенной оценки стратегические цели в области развития коммерческой деятельности на торговом предприятии и соответствующие показатели, характеризующие их по степени значимости, были ранжированы следующим образом: прибыль от реализации; затраты на стимулирование сбыта; качество обслуживания клиентов; мотивация и стимулирование работников. Далее по данным бизнес-плана развития на 2018 – 2020 гг. рассмотрены три сценария развития, для которых получены соответствующие значения разработанных ранее целевых показателей.

По результатам проведенного анализа развития предприятия первый вариант сценария, направленный на захват рынка за счет умеренного акцента на качество и расходы на персонал, в сложившихся условиях оказался неприемлемым. При втором варианте планирования, в котором сделан акцент на прибыльность за счет ужесточения затрат на персонал, эксплуатацию и маркетинг, прибыль установлена на самом высоком уровне, однако при этом предприятие достигнет наименьших удельных расходов на стимулирование продаж товаров и самый низкий из возможных вариантов показатель средних выплат на работника. При реализации третьего сценария достигаются наибольшие удельные расходы на стимулирование сбыта и качество обслуживания, притом, что прибыльность компании не является максимальной. В рамках исследования был проведен выбор варианта стратегии по методике выбора оптимального бюджета, который позволил сделать вывод о том, что ТУП «Могилевская межрайбаза» должно утвердить третий вариант развития, который позволит изыскивать резервы для увеличения выручки, оптимизируя средства, направляемые на стимулирование продаж.

УДК 621.09.1
СПЕЦИАЛЬНЫЙ ОБКАТНОЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ФИНИШНОЙ
ОБРАБОТКИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Б. Т. МАРДОНОВ
Научный руководитель Д. Е. АЛИКУЛОВ, д-р техн. наук, проф.
Навоийский государственный горный институт
Навои, Узбекистан

Градообразующие промышленности Республики Узбекистан испытывают большую потребность в зубчатых колесах, из которых более 60 % составляют прямозубые цилиндрические зубчатые колеса с внешним зацеплением. Анализ основных направлений повышения качества изготовления среднемодульных цилиндрических зубчатых колес показывает, что вопросы обеспечения точности и качества рабочих поверхностей зубчатых колес, в частности, при формообразовании зубьев на финишных операциях, остается проблемой. Для решения данной проблемы была разработана конструкция специального обкатного инструмента «шевер-прикатник». На рис. 1 показаны процесс обработки, конструкция обкатного инструмента и обработанные заготовки.

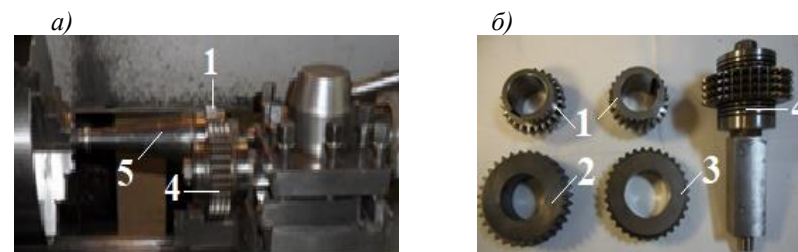


Рис. 1. Процесс обработки, конструкция обкатного инструмента и обработанные заготовки: а – процесс обработки; б – конструкция обкатного инструмента и обработанные заготовки; 1 – обработанные зубчатые колеса Ст40Х, $m = 2÷5$, $z = 24$; 2 – шевер-прикатник Р6М5; 3 – шевер-прикатник ШХ15; 4 – инструмент в сборе; 5 – оправка для установки заготовок

Результаты экспериментальных исследований показали, что обкатной инструмент «шевер-прикатник» при обработке цилиндрических зубчатых колес обладает высокой (2...3 степень точности по ГОСТ 1643-81) исправляющей способностью. Эксперименты проводились на натуральных образцах в условиях ПО «Навоийский машиностроительный завод» (Узбекистан) с применением заготовок, реально используемых на производстве. Измерение показателей качества проводились отделом технического контроля и научно-исследовательской лабораторией завода.

ИССЛЕДОВАНИЕ ШУМОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕССА
КОМБИНИРОВАННОГО МАГНИТНО-ДИНАМИЧЕСКОГО
НАКАТЫВАНИЯ НАРУЖНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВАЛОВ

И. А. ТАРАДЕЙКО, С. А. СУХОЦКИЙ

Научный руководитель А. М. ДОВГАЛЕВ, канд. техн. наук, доц.
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
Могилев, Беларусь

В связи с технической новизной метода комбинированного магнитно-динамического накачивания (КМДН) выполнены исследования шумовых характеристик процесса при упрочнении наружных поверхностей вращения деталей машин.

Экспериментальные исследования осуществляли в соответствии с требованиями ГОСТ 12.050-86 «Методы измерения шума на рабочих местах». Обработка КМДН осуществляли на токарно-винторезном станке модели 16Д25 с применением инструмента, содержащего: шпиндельный узел; привод; корпус; кольцевую камеру с деформирующими шарами; магнитную систему, предназначенную для вращения деформирующих шаров и воздействия магнитным полем на упрочняемую поверхность ферромагнитной детали.

Материал упрочняемых колец – сталь 45 (180–200 НВ), размеры заготовок ($D \times d \times h$) – 70×40×15мм;

Режимы процесса КМДН:

- скорость вращения детали $V_d = 25,9$ м/мин ($n_d = 118 \text{ мин}^{-1}$);
- скорость вращения инструмента $V_i = 10,5\text{--}21,0$ м/с;
- подача инструмента $S = 0,05$ мм/об;
- натяг деформирования – 0,1 мм.

Используемое измерительное оборудование – измеритель шума и вибраций ВШВ-003-М2.

Установлено, что эквивалентный уровень шума при осуществлении метода КМДН составляет 80–84 дБа. Октавные уровни звукового давления находились в диапазоне от 47 дБ (при частоте звука 31,5 Гц) до 81 дБ (при частоте 8000 Гц).

Для улучшения условий труда при реализации предложенного метода упрочнения разработан специальный инструмент, содержащий переналаживаемый телескопический демпфер звуковых колебаний, позволяющий снизить уровень шума в зоне обработки на 15–20 %.

ПУТИ СНИЖЕНИЯ ЗАТРАТ НА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ

Н. А. АЛЬЗОБО, У. Б. УРУНБАЕВ

Научный руководитель Т. М. ЛОБАНОВА
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
Могилев, Беларусь

Теплоснабжение самый затратный вид услуг и нуждается в более жестком контроле. В МУКП «Жилкомхоз» затраты по теплоснабжению в 2017 г. составили 5620,5 тыс. р., из них материальные затраты составляют 2209,7 тыс. р. или 39,3 % от общей суммы затрат. В материальных затратах основной статьей является топливо – 1620,7 тыс. р. Анализ себестоимости в разрезе по котельным помог выявлять нерентабельные котельные. Себестоимость по отдельным котельным превышает доведенный уровень планово-расчетной цены 127,55 р. более чем на 30 %.

На основании этого анализа разработаны мероприятия, которые могут улучшить ситуацию по котельным и, в общем, по теплоснабжению.

Для снижения потерь тепловой энергии предлагается заменить тепловые сети с применением ПИ-трубы по котельным в н. п. Межисетки, Буйничи, Ямница, Речки. Экономический эффект составит 98,4 тыс. р.

С целью снижения технологического расхода тепловой энергии при транспортировке, снижения себестоимости 1 Гкал по котельным, предлагается вывод из эксплуатации неэффективных и незагруженных тепловых сетей. При этом эксплуатируемый жилищный фонд в населенных пунктах д. Большие Белевичи, д. Ново-Пашково, снп. Аэропорт будет переведен на индивидуальные газовые котлы. Экономический эффект составит 280,1 тыс. р.

Оптимизация численности в межкотельный период, а именно заключение трудовых договоров вместо контрактов с машинистами котельных, подсобными рабочими, слесарями ремонтниками позволит сократить затраты на оплату труда, так же отчисления на социальные нужды, общепроизводственные и общехозяйственные расходы относимые на теплоснабжение. Экономический эффект составит 807,7 тыс. р.

В результате проведения мероприятий по снижению потерь и снижению затрат по теплоснабжению можно сделать следующие выводы:

- потери в теплосетях снизятся на 2565,1 Гкал или на 3,3 %;
- затраты по теплоснабжению снизятся на 1186,2 тыс. р. и составят 4434,3 тыс. р.;
- себестоимость 1 Гкал снизится на 22,89 р. и составит 96,6 р.

Проведенные расчеты показывают целесообразность проведения мероприятий по снижению потерь и затрат по теплоснабжению.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ
ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММОЙ НА ПРЕДПРИЯТИИА. В. АВСЯННИКОВА, Н. В. КОТЕЛЬНИКОВА
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
Могилев, Беларусь

В современных экономических условиях, предприятия уделяют больше внимание производству и сбыту продукции с целью удовлетворения потребностей целевого рынка и получения максимальной прибыли.

Изучение вопроса управления производственной программой является первостепенным в деятельности предприятия, т. к. позволяет заблаговременно избежать таких проблем ведения хозяйственной деятельности, как не востребованность продукции, увеличение затрат на хранение и складирование и, как следствие, отсутствие прибыли, что приводит к финансовой несостоятельности субъектов хозяйствования.

Одним из путей совершенствования процесса управления производственной программой на предприятии является изучение риска не востребованной продукции. Получение таких данных, путем анализа объемов производства и реализации, дают возможность для применения их в дальнейшем, с целью управления производственной программой, т. е. с целью ее корректировки или изменения в целом.

Риск появления не востребованной продукции может быть выявлен на предпроизводственной, производственной и послепроизводственной стадиях.

Важнейшей задачей руководства предприятия ОАО «Могилевская фабрика мороженого» является обнаружение риска на предпроизводственной стадии, с целью достижения наибольшего экономического эффекта. При этом затраты будут состоять лишь из затрат на исследования и непосредственно на производство продукта. В противном случае, при обнаружении риска на производственной и послепроизводственной стадии, устойчивое финансовое состояние будет нарушено.

Проведенный анализ риска не востребованной продукции на ОАО «Могилевская фабрика мороженого» показал, что продукция подвергнута фактору сезонности и не востребованности в «не сезон».

Анализ риска не востребованной продукции за 2017 г. в разрезе ассортиментных групп ОАО «Могилевская фабрика мороженого» выявил, что производство товарных групп майонеза и глазированных сырков можно сократить, с целью уменьшения остатков готовой продукции на конец отчетного периода, при этом производство мороженого «Лева» и теста в данном периоде востребовано и не требует корректировок в производственной программе.

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ, ПРОЧНОСТИ И
ЖЕСТКОСТИ ТЕРМОФРИКЦИОННЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

С. О. ТУСУПОВА

Научный руководитель К. Т. ШЕРОВ, д-р техн. наук, проф.
Карагандинский государственный технический университет
Караганда, Казахстан

Разработаны способы термофрикционной обработки на малых скоростях для выполнения различных механических операции: отрезки, фрезерования, точения, растачивания, термофрикционного фрезоточения. Однако, несмотря на снижение скоростей резания, существует проблема, связанная с износостойкостью, прочностью и жесткостью конструкций термофрикционных инструментов. Для решения данной проблемы были исследованы существующие и разработанные конструкции термофрикционных инструментов. Выявлено, что формы износа дисков трения имеют разнообразный характер и величину. Основные из них: схватывание частиц инструментального материала с частицами обрабатываемого материала; диффузия атомов инструмента в заготовку и атомов заготовки в инструмент; образование и рост микротрещин; химическое взаимодействие поверхности инструмента со смазочно-охлаждающими технологическими средствами (СОТС), обрабатываемым материалом и воздухом, а также процессы, связанные с явлениями ползучести. Одной из причин образования трещин на внешнем контуре дисков с незакаленной рабочей частью является сдвиговая деформация, при которой напряжения превышают предел прочности материала диска. В результате больших деформаций сдвига материал диска становится хрупким, происходит разрыв металла и появляется микротрещины. Пластической деформации и образованию трещин также способствует и радиальное биение в результате плохой балансировки.

Для решения данной проблемы выполняются научные исследования по следующим направлениям: разработка методики выбора материала режущего диска трения, исходя из физико-механических свойств и химического состава обрабатываемой заготовки; разработка технологии изготовления диска трения, способствующей упрочнению режущей части диска трения; повышение прочностных характеристик конструкционных сталей, используемых для изготовления дисков трения путем улучшения химического состава; упрочнение термофрикционных инструментов наплавкой, используя наплавочные материалы, обладающие высокой твердостью и температурной стойкостью.

В. А. ШАНИН

Научный руководитель Л. В. КОНЧИНА, канд. физ.-мат. наук, доц.
Ф-л ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский институт МЭИ»
Смоленск, Россия

В пищевой и сельскохозяйственной промышленности большое распространение получили режущие устройства гильотинного типа. Они имеют широкий спектр применения – от измельчения компонентов сырья до формования полуфабрикатов и готовых продуктов. Значительное количество кондитерских производственных линий оснащено гильотинными режущими устройствами. Они используются как в сочетании с другими измельчающими механизмами, так и в отдельности.

Использование гильотинных машин применяется на этапе формования продукта. Чаще всего установка выполняет задачу по измельчению большого пласта продукции на доли определенного размера. Так, например, при производстве козинаков, пласт грильяжной массы подвергается продольным разрезам со стороны дисковых ножей, а поперечный рез осуществляется гильотинным ножом.

Гильотинные ножи обладают рядом преимуществ по сравнению с альтернативными режущими инструментами. Главное функциональное достоинство таких установок – это способность получать ровный срез без деформации материала за короткий промежуток времени.

Одним из достоинств гильотинных ножей является их конструктивное сходство друг с другом. Для оптимизации ножа к новым условиям производства необходимо изменить лишь его режущую часть: уменьшить или увеличить угол заточки, придать другую форму режущей кромки, варьировать толщину сечения заточенной части. Это приводит к тому, что монтажная часть ножа может быть унифицирована под одни технологические требования, что позволит значительно облегчить процесс производства ножей данного типа.

Вне зависимости от назначения, гильотинные ножи имеют ряд требований к установке и креплению в резательной машине. Должны обеспечиваться: отсутствие люфтов и надежное закрепление ножа в составе узла резательной машины; возможность быстрой и нетрудоемкой замены ножа; удобство и безопасность монтажа при минимальном разборе узлов резательного устройства; использование стандартных элементов крепежа.

А. В. ШИЛОВ

Научный руководитель А. Б. СОТСКИЙ, д-р физ.-мат. наук, проф.
УО «Могилевский государственный университет им. А. А. Кулешова»
Могилев, Беларусь

Водород представляет собой прозрачный газ без запаха, который широко применяется в различных сферах науки и техники: от производства аммиака и нефтепереработки, до водородной резки тугоплавких сплавов и использовании в сниженном виде в качестве ракетного топлива. Однако в сочетании с кислородом (в том числе кислородом воздуха) в широком диапазоне концентраций образует легковоспламеняющиеся, взрывоопасные смеси, среди которых так называемый «гремучий газ». На данный момент для контроля содержания водорода в газовых смесях используют различные типы датчиков, наибольшую популярность среди которых получили электрохимические, полупроводниковые, термokatалитические. Несмотря на достаточную простоту устройства и невысокую стоимость, все перечисленные типы сенсоров работают за счет изменения силы тока или напряжения, включают в себя контакты типа «реле» и могут в некоторых случаях привести к воспламенению водородо-содержащих смесей.

В докладе рассматривается свободный от данного недостатка оптический сенсор водорода в виде тейпера с наноразмерным палладиевым покрытием, образованного в фотонно-кристаллическом волокне. Сенсорный эффект достигается за счет изменения диэлектрической проницаемости палладия в атмосфере водорода, влияющего на постоянные распространения локальных мод тейпера, и, как следствие, на спектр его пропускания.

Сенсор изготовлен и протестирован экспериментально в Centro de Investigaciones en Optica (Leon, Mexico). В докладе представлена электродинамическая модель устройства, учитывающая дифракцию локальных мод тейпера в области коллапса воздушных каналов. Экспериментальные данные для спектра пропускания тейпера при различных концентрациях водорода в атмосфере азота обработаны методом наименьших квадратов. В результате установлено, что дисперсионные характеристики пленки палладия существенно зависят от ее толщины. Восстановленные параметры устройства использованы для решения задачи об определении оптимальной длины тейпера, максимизирующей чувствительность сенсора. Получено близкое соответствие теоретических и экспериментальных данных. Работа выполнена в рамках задания 1.3.03 «Разработка теории методов оптического контроля наноразмерных тонкопленочных структур» ГПНИ «Фотоника, опто- и микроэлектроника».

УДК 634.58
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЛЮМИНЕСЦЕНТНОГО АНАЛИЗА
ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ

М. Д. САМАРИН

Научный руководитель М. Г. КУЛИКОВА, канд. техн. наук, доц.
Ф-л ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»
Смоленск, Россия

Люминесцентный метод анализа имеет большое количество преимуществ, среди которых – высокая чувствительность, экспрессность и возможность исследовать продукт, не разрушая его структуру. В современных условиях прогрессивного экономического развития особое внимание следует уделить именно созданию экспресс-методов для того, чтобы в лабораторных условиях производства давать оценку качества сырья, промежуточных полуфабрикатов и готового продукта.

Целью работы является исследование люминесцентных характеристик ядер арахиса в зависимости от температуры термической обработки при одинаковом времени обработки.

Измерения производились на основе комплекса, который состоит из спектрофлуориметра «Флюорат-02-Панорама» и стационарного компьютера с установленным программным обеспечением «Panorama Pro». Результаты эксперимента обрабатывались в программном обеспечении «Panorama Pro» и MS Excel.

В работе был использован арахис, соответствующий ГОСТ 31784-2012. Термическая обработка производилась в духовом шкафу с регулируемой температурой и временем обработки. Исследованы термически необработанные ядра, а также ядра обработанные при температуре в интервале 100–200 °С. После обработки орехи остужались и хранились в одинаковых условиях для минимизации влияния побочных факторов.

После этого были выполнены измерения спектров возбуждения при синхронном сканировании ядер арахиса до и после обработки. Были построены графики и выполнен расчет площадей под ними, имеющих смысл относительной энергии возбуждения.

По результатам синхронного сканирования были произведены измерения спектров возбуждения и люминесценции, построены графики и значения определенных интегралов для кривых. Физический смысл этого интеграла – значение энергии возбуждения и потока люминесценции.

Результаты проделанной работы могут лечь в основу метода контроля качества арахиса на выявленной зависимости оптических свойств от степени термической обработки.

УДК 664.143.85
ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ РЕЖУЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ
НА КАЧЕСТВО РЕЗКИ

В. А. ШАНИН

Научный руководитель Л. В. КОНЧИНА, канд. физ.-мат. наук, доц.
Ф-л ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский институт МЭИ»
Смоленск, Россия

Механика резательного процесса является точкой, от которой отталкивается дальнейшее проектирование установки. При гильотинной резке нож вертикально опускается на неподвижный продукт, вызывая уплотнение материала под кромкой лезвия. На протекание процесса напрямую влияют такие характеристики продукта, как поверхностная прочность, твердость, упругость, вязкость, степень адгезии к резательному инструменту. Материал с высокой твердостью и низкой вязкостью режется совсем по-другому, нежели особо вязкий, нетвердый продукт.

Исходя из характеристик материала, для обеспечения наиболее продуктивного процесса резания определенной кондитерской массы необходимо правильно подобрать геометрические параметры режущего инструмента и технологию его изготовления.

Самой важной характеристикой ножа резательной машины является профиль клинка. Именно форма сечения определяет, как будет протекать процесс разрезания материала. Ножи, предназначенные для разных задач, имеют различное сечение клинка.

Каждый профиль имеет свои достоинства и недостатки. Клинок, имеющий сечение плоско-выгнутого клина, имеет высокую прочность, однако имеет не слишком выраженную режущую кромку, что делает его подходящим для рубки твердых материалов. В противоположность ему существует форма плоско-вогнутого клина, имеющая очень тонкую режущую кромку, которая позволяет получать очень качественный рез материала, однако прочность такого профиля очень мала.

При использовании ножей различных сечений различается механика воздействия ножа на материал и процесс образования поверхности раздела продукта. При проектировании установки одна из главных задач – это правильно подобрать профиль резательного инструмента, параметры его заточки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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

А. А. ЮРКИНА

Научный руководитель М. М. КОЖЕВНИКОВ, канд. техн. наук, доц.
УО «Могилевский государственный университет продовольствия»
Могилев, Беларусь

В работе рассмотрены вопросы создания автоматических систем управления промышленными робототехнологическими комплексами (РТК). Для реализации таких систем автоматического управления предлагается использовать нейронные сети, обеспечивающие решение задачи планирования траекторий.

Предложена система автоматического управления (РТК), использующая топологически упорядоченную нейронную сеть. Предлагаемая нейросетевая модель образует множество из N^n нейронов, размещенных над конфигурационным пространством размерностью n . Соответственно, для каждой конфигурации манипулятора q_a определен нейрон, имеющий индекс a объединений связями с d нейронами, которым присвоены индексы $b_k, k=1 \dots d$.

Величины соседних индексов b_k определяются по формуле (1). Получаем пространственное положение нейрона, соответствующее определенной конфигурации манипулятора.

Для прямолинейных участков пути между конфигурациями q_a и q_b определено значение весового коэффициента связи нейронов a и b . Таким образом, на нейрон a подается 6 сигналов от нейронов соседней.

$$\begin{aligned} b_1 &= a - N^{n-1} \rightarrow (x_1 - 1, x_2, \dots, x_n), b_2 = a + N^{n-1} \rightarrow (x_1 + 1, x_2, \dots, x_n), \\ \dots & \\ b_{d-1} &= a - 1 \rightarrow (x_1, x_2, \dots, x_n - 1), b_d = a + 1 \rightarrow (x_1, x_2, \dots, x_n + 1). \end{aligned} \quad (1)$$

Значение параметра N заранее неизвестно и определяется формой препятствий в рабочей зоне манипулятора.

Экспериментальная проверка предложенного подхода показала его эффективность по формированию свободных от столкновений траекторий движения манипуляторов в составе РТК и планировании их траекторий движения.

Аг. А. МУХАМЕДБАЕВ

Научный руководитель А. А. ТУЛАГАНОВ, д-р техн. наук, проф.
Ташкентский архитектурно-строительный институт
Ташкент, Узбекистан

Общеизвестно, что портландцемент состоит из клинкера, гипса и минеральной добавки. На производстве имеется потребность в контроле количества минеральной добавки в готовом тонкомолотом порошке цемента. Это обусловлено тем, что размалываемость компонентов цементного вяжущего ингредиента различна, из-за чего состав конечного тонкомолотого продукта может отличаться от начального.

В научно-технической и патентной литературе имеются различные методы определения минеральной добавки в цементном вяжущем ингредиенте [1–3]. Каждый метод имеет свои достоинства и недостатки.

Нами разработан способ и методика определения количества минеральной добавки в цементном вяжущем ингредиенте [4]. Идея была основана на определении показателя рН или окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) водной вытяжки, отобранной из осветленной части цементно-водной суспензии, которое имеет твердожидкостное соотношение Т:Ж=1:1000. При этом для каждого вида минеральной добавки нужно строить свою индивидуальную тарировочную зависимость: «количество минеральной добавки – показатель рН» или «количество минеральной добавки – показатель ОВП».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Schneider, C.** X-ray diffractometric determination of the granulated blastfurnace slag content of cement / Schneider C., Baetznner S. / Cement Int. – 2005. – № 6. – т.3, – Р. 96–105.
2. **А. с. SU № 1679375 А1.** Способ определения количества минеральной добавки в цементном вяжущем / И. Н. Некипелов, Н. В. Романова, Ю. М. Ефименко – заявл. 10.05.89 ; опубл. 23.09.91.
3. **Пат. № 2111184.** Способ определения количественного содержания шлака и других минеральных добавок в цементах / Ш. М. Рахимбаев, Е. А. Поспелова – заявл. 11.07.1996 ; опубл. 20.05.1998, Бюл. № 14.
4. **Заявка IAP 20150118 UZ.** Способ определения количества минеральной добавки в цементном вяжущем / А. А. Мухамедбаев [и др.] – заявл. 31.03.2015 ; опубл. 30.09.2016, Бюл. № 9.

М. Д. МОРДАСОВ

Научный руководитель Д. М. МОРДАСОВ, д-р техн. наук, проф.
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»
Тамбов, Россия

Перспективным методом, позволяющим работать со слоями нанометровой толщины, отслеживать изменение их морфологии и регистрировать фазовые переходы, является угловая микроскопия Брюстера [1, 2].

С целью разработки конструкции углового микроскопа сформулированы основные требования, предъявляемые к нему: расстояние от среза объектива до поверхности – не менее 10 мм, общее увеличение оптической системы – не менее 20×, диапазон изменения угла расположения микроскопа над поверхностью – $25^\circ \div 45^\circ$, шаг изменения угла – не более $30''$.

При решении поставленной задачи использовался оптический микроскоп ММУ-3. С учетом сформулированных требований выбран объектив с увеличением 3,7×, апертурой 0,11 и рабочим расстоянием 27,7 мм. Разработана система углового перемещения микроскопа, включающая шарнирный узел с поворотной колонкой, на которой закреплен микроскоп. В верхней части колонки выполнено резьбовое отверстие $M8 \times 0,5$, в котором перемещается винт с аналогичной резьбой. Нижняя часть винта располагается на опорной площадке, а на его верхней части закреплен лимб, отсчет делений по которому осуществляется при помощи указателя. Рассчитаны геометрические размеры и шкала лимба, обеспечивающие возможность изменения угла с шагом $6''$, что в 3,3 раза меньше граничного значения, установленного в требованиях к разрабатываемому устройству.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Фирсова, А. В.** Угловая микроскопия пленок Ленгмюра / А. В. Фирсова, Д. М. Мордасов, М. Д. Мордасов // Многомасштабное моделирование структур, строение вещества, наноматериалы и нанотехнологии: материалы IV междунар. конф. – Тула : ТГПУ им. Л.Н. Толстого, 2017. – С. 59–60.
2. **Корендясев, С. П.** Моделирование и фрактальный анализ молекулярных пленочных структур / С. П. Корендясев [и др.] // Вестник ТГТУ. – 2017. – Т. 23. – № 3. – С. 527–534.

А. А. АКУЛИЧ, В. В. БАРСУКОВ, М. В. ХУРСИН

Научные руководители А. В. АКУЛИЧ, д-р техн. наук, проф. ;
В. М. ЛУСТЕНКОВ, канд. техн. наук, доц.

УО «Могилевский государственный университет продовольствия»
Могилев, Беларусь

Одним из важных этапов разработки новых типов пылеулавливающего оборудования является математическое моделирование с целью определения рациональных значений режимных и конструктивных параметров, которые в совокупности обеспечивают высокую эффективность улавливания мелкодисперсных частиц при невысоком гидравлическом сопротивлении аппарата.

На основе предварительных теоретических и экспериментальных исследований гидродинамики созданного лабораторного образца группового прямооточного пылеуловителя установлено, что разработанный аппарат является аппаратом с управляемой гидродинамикой. Следовательно, изменяя режимы работы и конструктивные параметры пылеуловителя, можно обеспечить эффективную работу аппарата.

Для математического планирования эксперимента выбран план Вох-Behnken 2^3 для трех факторов варьирования на трех уровнях.

В качестве факторов варьирования определены параметры, оказывающие комплексное влияние на гидродинамику пылеуловителя: отношение диаметра центральных завихрителей к диаметру корпусов прямооточных вихревых пылеуловителей ($d/D = 0,392 \div 0,558$); отношение высоты установки центральных завихрителей к высоте корпусов прямооточных вихревых пылеуловителей ($h/H = 0,25 \div 0,5$); кратность расходов, представляющая собой отношение объемного расхода газа периферийного потока к общему объемному расходу газа через аппарат ($k = Q_1/Q$, $k = 0,4 \div 0,8$). Исследуемыми функциями выбраны: гидравлическое сопротивление группового прямооточного пылеуловителя (ΔP), коэффициент гидравлического сопротивления (ζ_i) и общая эффективность улавливания дисперсных материалов (η).

Экспериментальные исследования проведены при общем объемном расходе воздуха через аппарат $0,138 \text{ м}^3/\text{с}$ и плановой скорости в корпусах прямооточных вихревых пылеуловителей $v = 6,1 \text{ м/с}$, что соответствует оптимальному интервалу скоростей центробежного улавливания в вихревых аппаратах.

В. В. БЕГАН

Научный руководитель А. В. ЛОКТИОНОВ, д-р техн. наук, проф.
УО «Витебский государственный технологический университет»
Витебск, Беларусь

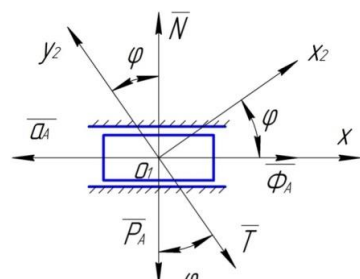


Рис. 1. Расчетная схема для определения реакции N ползуна

В равенстве (1) дифференциальное уравнение движения ползуна вдоль оси X имеет вид [2]:

$$\ddot{x}_A = -\frac{m_B}{m_A}(g + \omega_0^2 l)\varphi. \quad (2)$$

Полученное равенство (1) следует использовать при исследовании малых колебаний эллиптического маятника.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Москалев, С. А. Расчет динамической реакции при малых колебаниях эллиптического маятника / С. А. Москалев, А. В. Локтионов // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы междунар. науч.-техн. конф. молод. ученых. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2014. – С. 48.
2. Локтионов, А. В. Кинетостатический метод расчета уравнения движения малых колебаний эллиптического маятника / А. В. Локтионов // Теоретическая и прикладная механика. – 2015. – № 30. – С. 226–229.

М. Д. МОРДАСОВ

Научный руководитель Д. М. МОРДАСОВ, д-р техн. наук, проф.
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»
Тамбов, Россия

Исследование двумерных систем представляет собой важную задачу для развивающихся пленочных нанотехнологий.

В результате моделирования мономолекулярных слоев [1] доказано, что смена фазового состояния самоорганизующейся на поверхности жидкой субфазы пленки сопровождается скачкообразным изменением фрактальной размерности ее структуры.

Проведены исследования мономолекулярных слоев стеариновой кислоты на поверхности жидкой субфазы с использованием специально разработанного углового микроскопа [2], получены изображения их микроструктуры в различных фазовых состояниях. При проведении анализа изображений и определении их фрактальной размерности доказана адекватность результатов моделирования реальным физическим процессам.

На основе проведенных исследований разработан бесконтактный метод контроля фазового состояния пленок Ленгмюра путем определения фрактальной размерности их структуры.

Полученные результаты могут быть использованы при создании пленок с заранее заданными свойствами, а также при создании новых бесконтактных методов контроля поверхностного давления для различных фазовых состояний мономолекулярных пленочных структур на поверхности жидкой субфазы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Моделирование и фрактальный анализ молекулярных пленочных структур / С. П. Корендяев [и др.] // Вестник ТГТУ. – 2017. – Т. 23. – № 3. – С. 527–534.
2. Угловая микроскопия пленок Ленгмюра / А.В. Фирсова [и др.] // Многомасштабное моделирование структур, строение вещества, наноматериалы и нанотехнологии: материалы IV междунар. конф. – Тула : ТГПУ им. Л.Н. Толстого, 2017. – С. 59–60.

С. С. МИХЕЕВ

Научный руководитель А. Б. СОТСКИЙ, д-р физ.-мат. наук, проф.
УО «Могилевский государственный университет им. А. А. Кулешова»
Могилев, Беларусь

При решениях прямых и обратных задач спектрофотометрии слоев на плоскопараллельных подложках в литературе широко используются аналитические соотношения для отражательной и пропускательной способностей структур, полученные в результате суммирования лучевых рядов с привлечением теории графов. Однако такой подход не имеет строгого электродинамического обоснования. Кроме того, его область применимости распространяется только на структуры в виде слабо поглощающих однородных слоев на подложках.

В настоящей работе выполнен электродинамический расчет отражательной и пропускательной способностей неоднородных наноразмерных слоев на подложках конечной толщины в условиях их освещения частично когерентным излучением. Слой и подложка могут обладать произвольным поглощением. Спектрофотометрические характеристики рассчитываются в результате интегрирования спектров коэффициентов отражения и пропускания структуры в свертке с аппаратной функцией монохроматора. В интегралах выделены медленно и быстро осциллирующие слагаемые. Последние могут быть отброшены, если толщина подложки значительно превышает длину волны излучения. Это приводит к аналитическим соотношениям для отражательной и пропускательной способностей структур, имеющим аналогичный смысл, но отличающихся от известных.

Выполнены численные исследования структур в виде однородного слоя кремния толщиной 1000 нм на стеклянной подложке и слоя палладия толщиной 8 нм на стеклянной подложке. Сравнение спектров отражательной и пропускательной способностей, рассчитанных по известным и вновь полученным соотношениям, показало их удовлетворительную корреляцию в области низкого поглощения полупроводникового слоя. Для структуры, содержащей металлическую пленку, такое расхождение оказалось существенным во всем спектральном диапазоне от ультрафиолетового до инфракрасного. При этом известные соотношения привели к отражательной способности, превышающей 1, что лишено физического смысла.

Исследование выполнено в рамках задания 1.3.03 «Разработка теории методов оптического контроля наноразмерных тонкопленочных структур» ГПНИ «Фотоника, опто- и микроэлектроника».

М. Л. БУДАЕВ

ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
Могилев, Беларусь

Основными способами контроля качества подготовки студентов армрестлеров к спортивным соревнованиям являются: специальные контрольные упражнения, тренировочные поединки, антропометрические измерения и физиологические показатели.

Контрольные упражнения позволяют определить уровень тренированности относительно других спортсменов по средствам сравнения поднятых весов в различных рабочих углах и амплитудах. Наиболее подходящими упражнениями для этого являются:

- сгибание запястий со штангой сидя;
- сгибание запястья с весом на блоке;
- статическое удержание веса способом «Верх»;
- статическое удержание веса способом в «Крюк»;
- натяжка способом верх на блоке;
- пронация на блоке;
- супинация на блоке;
- динамометрия;
- подъем штанги на бицепс;
- подъем штанги над головой;
- другие упражнения, имеющие определенную целевую направленность.

Благодаря тренировочным поединкам осуществляется контроль за технической, тактической, а также силовой готовностью спортсменов армрестлеров. Поединки проводятся различными стилями: борьба стилем в «Крюк»; борьба стилем «Верх»; борьба стилем «Бок»; борьба в трицепс; борьба стилем «King`s move»; смешанный стиль борьбы.

Антропометрические измерения костно-мышечного аппарата проводятся с целью контроля за количественной составляющей мышечной массы и ее распределения на теле спортсмена. Основные измерения которые необходимо проводить: рост; вес; объемы: бицепса, ладони, грудной клетки, предплечья, талии, таза, бедра, обхват кисти; длину: ладони, пальцев рук, предплечья и другие измерения.

Физиологические показатели контролируются по средствам специального медицинского обследования состояния здоровья спортсмена, а также тренером во время тренировочного процесса с целью грамотной дозации физической нагрузки.

Контроль качества подготовки студентов армрестлеров к спортивным соревнованиям является необходимой составляющей в процессе взаимодействия тренера и спортсмена, обеспечивающей оперативное решение задач на пути к высоким спортивным результатам.

А. В. ВОРОНИН
Научный руководитель В. Б. ПОПОВ, канд. техн. наук
НТЦ комбайностроения ОАО «Гомсельмаш»
Гомель, Беларусь

В конструкции крупногабаритных машин присутствует большое количество элементов, отвечающих за работоспособность узла, обеспечивающих вспомогательные функции, но не выполняющих основные функции машины. Это зеркала заднего вида, освещение, трап и др. Эти элементы машины объединяет то, что они имеют небольшие габариты и вес, поэтому устанавливаются при помощи крепежных элементов, к которым не предъявляются требования повышенной прочности. По этой же причине они обладают и невысокой жесткостью.

Прочность конструкции вспомогательных элементов обеспечивается с большим запасом. Но в силу того, что все эти элементы представляют собой сосредоточенные массы, закрепленные на условно неподвижной раме на податливых элементах крепления, они превращаются в локальные колебательные системы, легко входящие в резонанс при наличии в непосредственной близости возбуждающего источника вынужденных колебаний.

С целью снижения динамической нагруженности вспомогательных элементов, на стадии конструирования проводится расчет собственных частот проектируемого изделия и оценка совпадения частот внешнего гармонического нагружения с собственными частотами проектируемого элемента. Требуемым условием работоспособности рассматриваемой конструкции является несовпадение собственных частот с рабочим диапазоном внешних возмущающих воздействий более чем на 20 % [1].

Отстройка частот достигается двумя способами. Первый способ заключается в изменении частоты рабочих органов, имеющих малую отстройку от частоты собственных колебаний рассматриваемых элементов. Второй способ – это изменение жесткости рассматриваемой конструкции или ее массово инерционных характеристик.

Выполнение вышеуказанных рекомендаций обеспечивает гарантированное снижение динамической нагруженности локальных колебательных систем.

Список литературы

1. Штейнвольф, Л. И. Динамические расчеты машин и механизмов / Л. И. Штейнвольф. – Москва : Машгиз, 1961. – 339 с.

А. В. МЕЛЬНИК, П. В. МАНЬКО, *С. В. СИНЬИЙ
Восточноевропейский национальный университет им. Л. Украинки,
*Луцкий национальный технический университет,
Луцк, Украина

Результатом процесса контролируемой классификации является растовое изображение, в котором соответствующие идентификаторы классов сопоставляются с отдельными пикселями исходного изображения и отражаются в выбранной пользователем цветовой гамме. На основе созданных обучающих выборок была выполнена контролируемая классификация фрагмента территории лесного массива в среде QGIS с использованием расширения Semi-Automatic Classification Plugin [1].

Алгоритм максимальной достоверности рассчитывает распределения вероятностей для классов, связанные с теоремой Байеса. В частности, распределение вероятностей для классов считается формой многовариантных нормальных моделей. Функция дискриминанта рассчитывается для каждого пикселя как:

$$g_k(x) = \ln p(C_k) - \frac{1}{2} \ln |\Sigma_k| - \frac{1}{2} (x - y_k)' \Sigma_k^{-1} (x - y_k),$$

где C_k - тип наземного покрова; k ; x - спектральная сигнатура вектора сигнала пикселя изображения; $p(C_k)$ - вероятность того, что C_k правильный класс; $|\Sigma_k|$ - определитель ковариационной матрицы данных в классе C_k ; Σ_k^{-1} - обратная ковариационная матрица; y_k - спектральная сигнатура вектора k .

В процессе классификации возникает некоторое количество ошибок из-за спектрального сходства классов или ошибки оператора. Самым распространенным методом оценки точности является расчет матрицы погрешностей [2]. На основе полученной матрицы погрешностей рассчитывается общая точность классификации.

В результате установлено, что коэффициент k для обучающей выборки по методу определения полигонов составляет 71 %, тогда как для обучающей выборки по методу наращивания области – 80 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Congedo Luca Semi-Automatic Classification Plugin Documentation // ResearchGate. DOI: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.29474.02242/1>.
2. Congalton, R. Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data / R. Congalton, K. Green / Principles and Practices / Boca Raton : CRC Press, 2009. – 200 p.

УДК 53.082.5
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОДУКЦИИ ДЛЯ
ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА

К. С. МАСЛОВА
Научный руководитель М. А. НОВИКОВА
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»
Смоленск, Россия

Физико-химические свойства биологических сред и биообъектов, являющихся оптически неоднородными поглощающими средами, оказывают значительное влияние на их оптические характеристики

Химический состав, влажность, цвет, форма и размер определяются для оптических спектральных свойств продуктов.

Влажность характеризует количество основных химических веществ в зерновых продуктах, определяет возможность сохранения и переработки, формирования специальных партий. В зависимости от влажности находятся физические и физико-химические свойства зерна.

Контроль влажности проводится на каждом этапе переработки и хранения.

В современных производственных условиях все чаще находят применение оптические методы определения влажности.

Широкое распространение оптических методов определяется их высокой чувствительностью, точностью измерений, возможностью воспроизведения и повторения результатов [1]. Отсутствие необходимости прямого контакта оборудования с исследуемой средой также значительно расширяет возможности применения спектральных методов.

Проведенные экспериментальные исследования показывают, что оптические спектральные характеристики сыпучих зерновых продуктов связаны с их физико-химическими показателями качества математическими зависимостями.

Исследования проводились с использованием спектрофлуориметрического аппаратно-программного комплекса, определение влажности – в соответствии с ГОСТ 13586.5. Результаты экспериментальных определений позволили найти линейные зависимости, связывающие оптические свойства и влажность продукции. Установленные зависимости позволяют использовать их для определения качества и технологических свойств продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Беляков, М. В.** Зависимости влажности семян растений от потока люминесценции / М. В. Беляков, М. Г. Куликова // Естественные и технические науки. – 2016. – № 11 (101). – С. 162–163.

УДК 62-8:631.35
КИНЕМАТИЧЕСКИЙ И СИЛОВОЙ РАСЧЕТ МЕХАНИЗМА ОЧИСТКИ
ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

А. Н. ВЫРСКИЙ
Научный руководитель Д. А. ДУБОВИК, д-р техн. наук, доц.
ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Зерноуборочный комбайн является сложным техническим изделием, выполняющим на своем борту при движении в полевых условиях функции трех сельскохозяйственных машин: жатки, молотилки и веялки. Одной из основных систем, определяющих технический уровень и надежность комбайна, является очистка [1], обеспечивающая выделение зерна из вороха. Для выполнения этой функции стрясная доска, верхний и нижний решетчатые станы совершают колебания, которые передаются на раму, вызывая вибрацию и шум.

Цель работы – определение кинематических и силовых параметров механизма очистки зерноуборочного комбайна КЗС-1218 «ПАЛЕССЕ GS12» производства ОАО «Гомсельмаш».

На основании результатов структурного анализа составлялась расчетная схема механизма очистки, состоящая из четырех однотипных шарнирных четырехзвенников и ведущего звена.

В соответствии с методом векторных контуров [2] определялись аналитические зависимости для определения координат подвижных шарниров, центров масс звеньев и механизма очистки в целом, скоростей и ускорений подвижных шарниров и основных звеньев от угла поворота ведущего звена.

Силовой расчет выполнялся методом кинестатики. В результате рассчитывались зависимости реакций в подвижных шарнирах и опорах механизма очистки. Определялись энергетические затраты [3] на привод механизма.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Способ снижения виброактивности и нагруженности привода одноножевого режущего аппарата / Д. А. Дубовик [и др.] // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : материалы междунар. науч.-техн. конф. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2018. – С. 81–82.
2. **Артоблевский, И. И.** Теория механизмов и машин / И. И. Артоблевский. – Москва : Наука, 1975. – 638 с.
3. **Дубовик, Д. А.** Снижение энергозатрат многоприводных колесных машин путем совершенствования механических приводов ведущих колес: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – Могилев : 2012. – 44 с.

З. О. ГОШКО, Я. В. СЕМЕН, *С. Ф. ЮХИМЧУК
Львовский национальный аграрный университет
*Луцкий национальный технический университет
Львов, Луцк, Украина

Правильные технологические регулировки при работе конструкций сельскохозяйственных уборочных машин позволяют не только повысить качество собранной продукции, но и уменьшить количество несобранного урожая. Актуальность данного вопроса для разных видов зерновых культур, в том числе и сои, обусловлена их продовольственной важностью.

В современных хозяйствах уборка урожая сои производится преимущественно прямым комбайнированием. При этом одним из важных залогов полноты уборки урожая является правильная регулировка в конструкции жатки высоты среза растений, которая обуславливается соответствующими физико-механическими свойствами сои [1, 2].

В процессе проведенных экспериментальных исследований влияния технологических регулировок конструкций жаток комбайнов на качество и эффективность уборки сои проанализированы технико-экономические показатели работы жаток комбайнов в конкретных полевых условиях для сортов сои Ментор, Устя, Легенда [2].

Полученные результаты свидетельствуют, что большой процент бобов остается несобранным из-за значительной высоты среза. Это объясняется тем, что во время подготовки к уборочным работам комбайн нужно агрегатировать со специальной жаткой для уборки сои. Если такой возможности нет, то обычную жатку (с жестким пальцевым брусом) нужно дооборудовать специальным приспособлением для уменьшения высоты среза (до 4–6 см). Ведь основные потери во время сбора сои (до 80 %) возникают именно из-за неправильно настроенной на работу жатки. Один соевый боб, оставленный на каждом стебле, – это минус 1–2 ц/га.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хайлис, Г. А. Механико-технологические свойства сельскохозяйственных материалов: учеб. пособие / Г. А. Хайлис, А. Ю. Горбовый, З. О. Гошко. – Луцк : Городская типография Ковеля, 1998. – 267 с.
2. Фізико-механічні властивості сої та їх вплив на процес збирання / З. О. Гошко [та ін.] // Сільськогосподарські машини : зб. наук. ст. – 2017. – Вип. 39. – С. 25–34.

Н. А. МАЗАЕВ
Научный руководитель О. Г. ШИРОКОВ, канд. техн. наук, доц.
УО «Гомельский государственный технический университет
им. П. О. Сухого»
Гомель, Беларусь

Электричество является самым удобным и наиболее универсальным видом энергии. Из-за такого глобального развития и использования электричества, появились определенные нормированные требования к его качеству. Ведь любой обычный товар можно посмотреть, оценить его качество и цену, выбрать производителя и т. д. Аналогично должно быть и в отношении электрической энергии. Постановлением Совета министров РБ от 17.10.2011 г. № 1394 приняты Правила электроснабжения, в которых электрическая энергия была определена как товар. А с 1 января 2012 г. в Республике Беларусь начали действовать новые «Правила электроснабжения», которые должны защитить права потребителя электроэнергии в случае низкого её качества. Но пока не существует способа для определения объема переданной некачественной энергии. Для этого необходимо иметь счетчики электроэнергии, фиксирующие ее потребление в различных диапазонах ПКЭ. При отсутствии таких счетчиков можно использовать приближенные методы измерения.

Была разработана информационная система, которая позволяет повысить оперативность выполнения расчетов, снизить трудоемкость обработки информации, повысить контроль качества электроэнергии, а также обеспечивает возможность быстрого поиска и обработки необходимой технической информации.

Совершенствование и внедрение такого подхода позволит ускорить процесс развития нормирования и контроля параметров качества электроэнергии, совершенствование тарифов на электроэнергию и нормирование взаимоотношений потребителя и продавца электроэнергии. Возрастающее количество нелинейной нагрузки с одной стороны ухудшает ПКЭ в сети, а применение чувствительных электронных устройств, с другой стороны, требует, чтобы эти показатели находились в жестко заданных пределах. Очевидно, что с развитием электроэнергетики актуальность нормирования и контроля параметров качества электроэнергии будет возрастать.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Железко, Ю. С. Компенсация реактивной мощности и повышение качества электроэнергии / Ю. С. Железко. – Москва : Энергоатомиздат, 1985.

УДК 621.9.08

ПРОБЛЕМЫ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
В ИЗГОТОВЛЕНИИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Н. Ж. КАРСАКОВА, Б. С. ДОНЕНБАЕВ

Научный руководитель К. Т. ШЕРОВ, д-р техн. наук, проф.
Карагандинский государственный технический университет
Караганда, Казахстан

В настоящее время изготовлением и ремонтом крупногабаритных деталей технологического оборудования горной, нефтяной, угольной и др. промышленности Республики Казахстан (РК), в основном занимаются заводы тяжелого машиностроения, в частности АО «Петропавловский завод тяжелого машиностроения» и АО «Алматинский завод тяжелого машиностроения». Большинство крупногабаритных деталей технологического оборудования имеют отверстия больших размеров. Обработка этих отверстий производится, в основном, растачиванием и состоит из двух переходов: черновое и чистовое растачивание. При больших размерах отверстий обеспечение точности затруднительно, а иногда вообще сложно обеспечить. Это связано не только с появлением больших вибраций, сложностью взаимосвязанной точной установки технологической и инструментальной оснастки, быстрым износом режущего инструмента, который сопровождается переналадкой технологической операции. Также существуют проблемы связанные с измерением и контролем отверстий больших размеров. Было выполнено исследование состояния метрологической обеспеченности измерения и контроля при изготовлении крупногабаритных деталей в условиях машиностроительных производств РК. Были проанализированы конструкции и технологические возможности, а также доступность существующих контрольно-измерительных средств и устройств. В частности, были исследованы конструкции и технологические возможности нутромеров: регулируемых, нерегулируемых, сборных микрометрических, раздвижных (телескопических), индикаторных, деревянных и нутромеров с растяжками. Результаты показали, что большинство исследованных нутромеров, контрольно-измерительных средств и устройств в настоящее время не находят широкого применения на производствах из-за сложности их изготовления и из-за неудобства при использовании, а также из-за высокой стоимости и низкой точности измерения. Сложившаяся проблема диктует необходимость разработки универсальных контрольно-измерительных средств и устройств для измерения и контроля отверстий больших размеров крупногабаритных деталей в условиях современного машиностроительного производства РК. Научно-исследовательские работы, выполненные в этом направлении, привели к созданию специальной конструкции нутромера для контроля отверстий больших диаметров и устройства для контроля торцевого биения крупногабаритных корпусных деталей относительно оси отверстия.

УДК 621.83

ОСОБЕННОСТИ СИЛОВОГО РАСЧЕТА ПЕРЕДАЧ
ЭКСЦЕНТРИКОВОГО ТИПА, РАЗРАБОТАННОГО НА ОСНОВЕ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДОВ КОМПЬЮТЕРНОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ

П. Н. ГРОМЫКО, В. Л. ЮРКОВА, Д. Я. ЯКУБОВИЧ
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
Могилев, Беларусь

При разработке методики расчета механической передачи эксцентрикового типа важно знать значение сил в зоне контакта взаимодействующих зубьев. Задача усложняется тем, что для указанного типа передач минимальное значение числа одновременно контактирующих пар зубьев, как правило, больше двух. В этом случае силовой расчет эксцентриковой передачи нельзя свести к расчету однопарного зацепления, который может быть осуществлен на основе известных методов теоретической механики. При расчете передачи с многопарным зацеплением необходимо установить, как распределяется нагрузка между каждой из контактирующих пар зубьев. Если учесть то, что на распределение нагрузки влияет не только геометрические параметры зацепления, но и погрешности изготовления и сборки звеньев передачи, упругие перемещения звеньев при работе передачи под нагрузкой, то решение аналитическим способом рассматриваемой задачи определения сил в многопарном зацеплении весьма проблематично. Одним из ранее наиболее распространенных способов решения задачи определения сил в многопарном зацеплении является проведение экспериментальных исследований. Недостатками этого способа являются значительные временные и материальные затраты при его осуществлении.

С появлением высокоэффективной компьютерной техники и программного обеспечения появилась возможность моделировать работу передач эксцентрикового типа с многопарным зацеплением. Причем возможно при моделировании работы зацепления учитывать различного рода погрешности, упругие перемещения звеньев и даже физические свойства материала. На основе большого объема информации о значении сил в зацеплении в зависимости от вышеуказанных факторов путем использования статистических методов ее обработки могут быть получены уравнения регрессии, которые и являются основой при проведении силового расчета эксцентриковой передачи с многопарным зацеплением.

Д. А. ДУБОВИК

ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси»

Минск, Беларусь

Основными тенденциями развития тракторостроения последних десятилетий являются повышение энергонасыщенности и увеличение универсальности тракторов [1]. Последнее достигается увеличением скоростей движения [2]. У ведущих тракторопроизводителей скорость движения тракторов превышает 50–60 км/ч, что потребовало совершенствования трансмиссий, использования тормозов с АБС, применения подрессоривания кабин, передних ведущих мостов и т.п. [3]. У тракторов JCB рамной конструкции с всеколесным рулевым управлением скорость движения достигает 80 км/ч.

Такое расширение диапазона скоростей движения обеспечивается разработкой и внедрением инновационных решений, характеризующих технический уровень трактора.

Для классификации и характеристики технического уровня тракторов наряду с тяговым классом, определяемым по ГОСТ 27021-86 «Тракторы сельскохозяйственные и лесохозяйственные. Тяговые классы», предлагается использовать скоростной класс, который может быть установлен табл. 1.

Табл. 1. Скоростные классы тракторов

Скоростной класс	Максимальная скорость движения, км/ч (м/с)
1	≤ 10 (2,78)
2	11 (2,79) ... 20 (5,56)
3	21 (5,57) ... 30 (8,33)
и т.д.	

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Современные тенденции сельхозтракторостроения / П. А. Амельченко [и др.] // Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. физ.-техн. наук. – 2018. – Т. 63, № 1. – С. 76–92.
2. Основные тенденции развития современного сельскохозяйственного тракторостроения / П. А. Амельченко [и др.] // Образование, наука, и производство в XXI веке : современные тенденции развития : материалы юбилейн. междунар. конф. – Могилев : Беларус.-Рос. ун-т, 2016. – С. 157–158.
3. Дубовик, Д. А. Основные направления развития автотракторокомбайностроения / Д. А. Дубовик, О. М. Еловой, Л. Ю. Бакалова ; Объед. ин-т машиностр. Нац. акад. наук Беларуси. – Минск, 2014. – 176 с. – Рус. – Деп. в ГУ «БелИСА» 17.07.2014 № Д201411.

В. Д. БОРОЗНА

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

В настоящее время в нормативной базе Республики Беларусь существует стандарт для оценки физико-механических свойств искусственных кож (ИК) ГОСТ 17316-71 «Кожа мягкая искусственная. Метод определения разрывной нагрузки и удлинения при разрыве» и ГОСТ 8973-2003 «Кожа искусственная и пленочные материалы. Метод определения устойчивости к многократному изгибу» для оценки эксплуатационных свойств материалов. Существующий подход к оценке свойств материалов на этапе входного контроля не учитывает конструктивные особенности производимой обуви, способ формования верха обуви, технологические и эксплуатационные воздействия. Последнее приводит к снижению качества выпускаемой продукции.

В работе предлагается новый подход к оценке технологических и эксплуатационных свойств на этапе входного контроля с учетом всех особенностей производства обуви. Сущность данного подхода заключается в последовательном исследовании свойств материалов по разработанным методикам с имитацией воздействий технологических и эксплуатационных факторов. Для оценки технологических свойств материалов предлагается определять следующие критерии: коэффициент запаса прочности, коэффициент потери прочности и коэффициент формоустойчивости при одноосном и двухосном растяжении. Данные методики позволяют учитывать конструктивные особенности верха обуви и воздействия технологических факторов. Искусственные кожи, имеющие удовлетворительные технологические свойства, в последующем исследуются при многократном изгибе с имитацией эксплуатационных воздействий (температуры, влажности). Материалы, соответствующие критериям оценки эксплуатационных свойств, рекомендуются в производство. Для реализации данного подхода разработаны и запатентованы способ, приборы и устройство, позволяющие проводить исследование свойств без закупки дорогостоящих средств измерений иностранного производства.

Производство качественной и конкурентоспособной продукции невозможно без совершенствования методической и приборной базы оценки качества на основе научно обоснованных требований к изделиям и материалам, используемым для их производства.

АУДИТ ПРОЦЕССА КАК КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ ОСНОВА
ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ
И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СМК

А. И. БЕЛЯКОВА, А. Н. БУЛАНОВ

Научный руководитель В. А. ГОЛКИНА, канд. техн. наук
ФГБОУ ВО «Ярославский государственный технический университет»
Ярославль, Россия

При реализации проекта по разработке новой продукции очень часто возникают ошибки или несоответствия, которые снижают результативность процесса «Проектирования и разработки продукции», а также ведут к недоделке продукции со стороны потребителя. Чтобы предотвратить появление данных ошибок, необходимо применять такой инструмент как аудит, в частности, аудит процесса.

При аудите проекта, используя данные элементы аудита процесса, можно легко рассмотреть вопросы по защите окружающей среды и безопасности труда, влияющие на свойства продукции и окружающую среду. Сопоставив этапы элементов «Аудита процесса» [1] и APQP [2] можно видеть их незначительные различия. Использование чек-листа проверки правильности реализации этапов APQP и для перехода на следующий этап, целесообразно провести анализ этапа с применением элементов «Аудита процесса» и дать ему соответствующую оценку.

При применении «Аудит процесса» [1] на этапе проектирования продукции до выпуска потребителю, во-первых, происходит предотвращение несоответствий в конструкторской и технологической документации, во-вторых, подтверждается соответствие всех деталей и комплектующих для производства, а также квалификация персонала на всех этапах реализации проекта, и появляется возможность оценить каждый этап проекта и проект в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амяльев, А. А. Менеджмент качества в автомобильной промышленности: VDA 6.3 Аудит процесса, третье издание / А. А. Амяльев, А. В. Разумов // Москва : Высшая школа, 2016. – С. 64–65
2. Ссылочное руководство, второе издание: APQP– перспективное планирование качества продукции и план управления / Е. Г. Воинова [и др.] // Нижний Новгород : ООО СМЦ «Приоритет», 2010. – 45 с.

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ УБОРОЧНОЙ СЕЛЬХОЗТЕХНИКИ

Д. А. ДУБОВИК, Л. Ю. БАКАЛОВА, *А. С. ШАНТЫКО

ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси»
*ОАО «ГОМСЕЛЬМАШ»
Минск, Гомель, Беларусь

По прогнозам Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН, население Земли будет увеличиваться и к 2050 г. достигнет 9,2 млрд. Общий объем производства продовольствия потребует увеличить на 70 %, причем в развивающихся странах его необходимо будет удвоить. Спрос на зерновые культуры возрастет более чем в 1,5 раза и достигнет 3 млрд т [1]. В случае интенсивного распространения использования их для производства биотоплива спрос на эти культуры повысится еще более значительно. Возрастающий спрос на продовольствие актуализирует работы по прототипированию перспективных средств производства, развитию конструкции зерно- и кормоуборочной техники для повышения эффективности сельского хозяйства.

Эффективность производства сельскохозяйственных культур, особенно на территориях с рискованным земледелием, во многом зависит от темпов их уборки. Темпы уборки сельскохозяйственных культур наряду с природно-климатическими условиями определяются главным образом производительностью уборочной техники [2].

Для повышения производительности уборочной техники ведущими комбайнопроизводителями увеличивается пропускная способность рабочих органов с применением как поперечно-поточных, так и аксиально-роторных МСУ и мощность двигателя с переходом на полноприводную схему ведущих колес. Внедряются инновации для повышения технического уровня и надежности, качества выполняемых технологических операций, улучшения условий труда механизаторов. Все более широкое применение находят бортовые электронные системы управления, контроля и диагностики, включая системы точного земледелия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Современные тенденции сельхозтракторостроения / П. А. Амельченко [и др.] // Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. физ.-техн. наук. – 2018. – Т. 63, № 1. – С. 76–92.
2. Дубовик, Д. А. Основные направления развития автотракторокомбайностроения / Д. А. Дубовик, О. М. Еловой, Л. Ю. Бакалова ; Объед. ин-т машиностр. Нац. акад. наук Беларуси. – Минск, 2014. – 176 с. – Рус. – Деп. в ГУ «БелИСА» 17.07.2014 № Д201411.

А. Н. КЛЕНДИЙ, Р. Б. ГЕВКО, Ю. А. МЕЛЬНИК
ОП Национального университета биоресурсов и природопользования
Украины «Бережанский агротехнический институт»
Тернопольский национальный экономический университет
Луцкий национальный технический университет
Бережаны, Тернополь, Луцк, Украина

С целью повышения нагрузочной способности гибких винтовых конвейеров, которые обеспечивают транспортировку сыпучих материалов по криволинейным трассам, рекомендуется использовать винтовые секции, шарнирно связанные между собой. Конструктивное исполнение разных вариантов винтовых рабочих органов, а также методика проведения экспериментальных исследований изложены в работах [1–3].

Для прямолинейных винтовых конвейеров, рабочая спираль в которых жестко закреплена на валу, при транспортировке твердых кусковых материалов важно обеспечить защиту как привода, так и рабочего органа от возможных критических перегрузок. Решить проблему возможно применением предохранительных устройств, адаптированных непосредственно с винтовым рабочим органом. Такое устройство при перегрузке и стопорении винтового рабочего органа обеспечивает осевое смещение шнека и соответственно его разблокировку.

Для уменьшения повреждения сыпучего материала, как правило, сельскохозяйственного производства, предложено использовать рабочие органы шнеков с эластичными винтовыми лепестками, которые секционно крепятся к жесткой основе винтового ребра.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Hevko, R.** Design engineering and substantiation of the parameters of sectional tools of flexible screw conveyers / R. Hevko, A. Vitrovi, O. Klendii, I. Liubezna // Bulletin of the Transilvania University of Brasov. – 2017. – Vol. 10(59). – Pg. 39–46.
2. **Hevko, B. M.** Improvement of machine safety devices / B. M. Hevko, R. B. Hevko, O. M. Klendii, M. V. Buriak, Y. V. Dzyadykevych, R. I. Rozum // Acta Polytechnica, Journal of Advanced Engineering. – 2018. – Vol. 58, No. 1. – Pg. 17–25.
3. **Гевко, Р. Б.** Методика проведення досліджень шнекового транспортера із запобіжним пристроєм / Р. Б. Гевко, О. М. Клендій // Сільськогосподарські машини. – Луцк. – 2013. – С. 67–74.

А. С. ТРЕТЬЯКОВ, О. А. КАПИТОНОВ
Научный руководитель Г. С. ЛЕНЕВСКИЙ, канд. техн. наук, доц.
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
Могилев, Беларусь

Одной из задач при расчете и моделировании электромагнитных процессов асинхронного электродвигателя является идентификация параметров схемы замещения.

Существуют множество различных методик для решения поставленной задачи. В качестве исходных данных используются следующие каталожные данные: номинальная мощность двигателя, номинальное напряжение статора, синхронная частота вращения, номинальная частота вращения, коэффициент полезного действия, коэффициент мощности, кратность максимального момента, кратность пускового момента, кратность пускового тока.

Все методики условно можно разделить на несколько категорий: инерционные и безынерционные, ориентированные на определенный диапазон мощностей, определенный класс задач и т.д. В каждом конкретном случае в методику вводятся поправочные коэффициенты, добавочные и проверочные расчеты, итерации. Однако, большинство из них ориентировано на идентификацию параметров схемы замещения асинхронного электродвигателя средней и большой мощности.

Для расчета вышеуказанных параметров асинхронных электродвигателей была разработана комплексная методика. В качестве исходных данных для расчета принимаются параметры, полученные в результате заводских испытаний асинхронного двигателя. В их число входят: значения мощностей потерь в обмотке статора и ротора, потерь в стали статора, механических и прочих потерь, номинальный момент, номинальная скорость вращения, номинальный КПД, номинальный коэффициент мощности, номинальный ток статора, пусковой ток при номинальном и пониженном напряжениях, ток холостого хода. Предлагаемая методика позволяет с достаточной точностью идентифицировать параметры асинхронных двигателей малой мощности. При этом учитываются изменения параметров схемы замещения при различной скорости вращения и различном напряжении. Методика позволяет рассчитать сопротивление и индуктивность рассеивания стержневой обмотки ротора в пусковом режиме, а также индуктивность цепи намагничивания при низком и номинальном напряжении.

А. В. СОКОЛОВ

Научный руководитель Л. Ю. ЮФЕРЕВ, д-р техн. наук, доц.
 ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»
 Москва, Россия

Резонансная система электропитания может быть применена для питания светодиодных светильников при облучении растений регулируемым спектром. Принцип работы резонансной системы электропитания следующий: напряжение сети 220 В с частотой 50 Гц после преобразования в высокую частоту 8 кГц и 980 В подается в линию электропередачи, к линии подключены приемные трансформаторы с выпрямителями, от которых питаются светодиоды (рис. 1). Применение резонансной системы электропитания позволяет получить преимущества по сравнению с существующими способами:

- плавность и удобство регулировки спектра облучения при использовании нескольких каналов;
- уменьшение сечения питающего кабеля и уменьшение нагрузки на конструкции;
- уменьшение потерь в линии при передаче электроэнергии, а также повышение энергетической безопасности передачи.



Рис. 1. Резонансная система электропитания для облучения растений

Д. В. КУЗЕНКО, О. Я. СЕМЕН, *С. Ф. ЮХИМЧУК

Львовский национальный аграрный университет
 *Луцкий национальный технический университет
 Львов, Луцк, Украина

Разработанная сажалка зубков чеснока оборудована цепно-плунжерным посадочным аппаратом [1]. Непосредственное втыкание в грунт каждого зубка, защемленного между пальцами вилки плунжера, осуществляется в результате взаимодействия его ролика с направляющей. Теоретически установлены закономерности вертикального перемещения h , скорости V_v и ускорения a_v указанного процесса [2].

Продолжительность контакта ролика с направляющей изменяется в зависимости от глубины посадки зубков чеснока и скорости движения машины. Когда сажалка движется со скоростью $V_m = 1$ м/с, а глубина посадки h составит 0,05 м, то общая продолжительность погружения вилки в почву $T = 0,12$ с. Если при той же скорости увеличить h до 0,07 м, то T также останется на уровне 0,12 с. Теоретическими исследованиями установлено, что для $h = 0,03$ м и $V_m = 0,5$ м/с значение $T = 0,25$ с. Для этой же глубины посадки и скорости машины $V_m = 2,0$ м/с продолжительность вертикального перемещения вилки при контакте ролика с направляющей минимальна: $T = 0,06$ с. Но в таком случае вилка с зубками чеснока должна находиться очень близко ко дну заранее созданной бороздки.

Исследованиями также установлено, что когда к моменту взаимодействия ролика с направляющей зубок в вилке будет размещаться на расстоянии 0,01 м от поверхности почвы, то контакт с ней произойдет через 0,036 с (направляющая в виде параболы) или через 0,048 с (направляющая в виде дуги круга) от начала вертикального перемещения вилки. Остальное время зубок чеснока с вилкой движется в почве, преодолевая ее сопротивление. Если зубок будет установлен на расстоянии 0,02 м от поверхности, то начало контакта с ней произойдет через 0,06 с.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузенко, Д. В. Машина для садіння зубків часнику / Д. В. Кузенко, О. Я. Семен // Вісник ЛНАУ. – Львів : ЛНАУ. – 2017. – № 21. – С. 114–118.
2. Semen, O. Ya. A machine for oriented planting of garlic teeth / O. Ya. Semen, D. V. Kuzenko, Ya. V. Semen // ТЕКА. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – 2017. – Vol. 17. – No. 2. – P. 55–60.

УДК 621.9
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ВИХРЕВОГО АППАРАТА
С УПРАВЛЯЕМЫМ ПРОЦЕССОМ ПЫЛЕОЧИСТКИ

В. М. ЛУСТЕНКОВ, В. Ю. КАТАШЕВИЧ, Р. Д. КОРНИЛОВИЧ

Научные руководители А. В. АКУЛИЧ, д-р техн. наук, проф.;

В. М. АКУЛИЧ, канд. техн. наук, доц.

УО «Могилевский государственный университет продовольствия»

ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»

Могилев, Беларусь

В различных отраслях промышленности при механической обработке сыпучих материалов используется оборудование, позволяющее обеспечивать очистку воздуха от пыли. При этом важным является использование такого способа очистки, который способствует сохранению свойств уловленной пыли для вторичного ее использования.

К основным показателям работы пылеуловителей относятся эффективность улавливания и гидравлическое сопротивление.

Проведены исследования и дан анализ работы вихревого спирально-конического пылеуловителя ВСКП-200 со встречными закрученными потоками для улавливания твердых частиц из воздуха. В качестве мелкодисперсных материалов при экспериментальных исследованиях использовались фосфаты и мел.

Рассмотрены параметры работы вихревого пылеуловителя при различных значениях кратности расходов газа. Получена зависимость гидравлического сопротивления вихревого спирально-конического пылеуловителя от кратности расходов.

Установлено, что с увеличением кратности расходов при повышении общего объемного расхода газа через аппарат возрастают потери давления, что обусловлено перераспределением газа в пылеуловителе и особенно траектории движения газа внутри пылеуловителя в процессе очистки, а также повышенным гидравлическим сопротивлением верхней части аппарата по сравнению с нижней – центральным завихрителем.

При исследовании гидродинамики вихревого спирально-конического пылеуловителя ВСКП-200 определен коэффициент его гидравлического сопротивления. Установлено, что в интервале кратности расходов $k = 0,3-0,7$ достигается наименьшее гидравлическое сопротивление пылеуловителя.

При анализе эффективности улавливания мела в вихревом пылеуловителе определено, что при кратности расходов газа в интервале $k = 0,45-0,7$ обеспечивается наибольшая эффективность улавливания. Следовательно, данный гидродинамический режим работы вихревого пылеуловителя является наиболее рациональным.

УДК 621.3
МАТРИЧНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЧАСТОТЫ

К. Н. РОМАНЕНКО

Научный руководитель А. С. ТРЕТЬЯКОВ

ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»

Могилев, Беларусь

Частотным преобразователем называется устройство, предназначенное для преобразования переменного напряжения питания частоты 50/60 Гц в переменное напряжение другой частоты.

Классический преобразователь частоты имеет в своем составе звена постоянного тока, фильтр и инвертор. Достоинствами такой схемы являются высокая точность регулирования, плавный пуск двигателя, энергосбережение и т.д. Основными недостатками являются:

- засорение источника питания высшими гармониками;
- необходимость применения электролитических конденсаторов для фильтра;
- необходимость установки тормозного резистора для торможения и режима рекуперации и т.д.

Матричные преобразователи частоты (МПЧ) – одно направлений развития частотных преобразователей. В основе конструкции МПЧ лежит двунаправленный переключатель на базе IGBT – модуля. Подключение таких ключей напоминает матрицу, откуда и название данного класса преобразователей. Как правило, используется девять переключателей (по три переключателя в фазу).

В отличие от классических преобразователей частоты МПЧ не имеют звена постоянного тока, что упрощает их конструкцию (отсутствует двойное преобразование энергии, что дает высокие энергетические характеристики). Кроме того, это дает значительное снижение уровня гармонических искажений.

Матрица ключей сделана так, что энергия может как подводиться к двигателю, так и отводиться обратно в сеть при торможении и рекуперации (нет необходимости использования тормозных резисторов).

В отличие от классических преобразователей частоты МПЧ формирует практически синусоидальный выходной сигнал тока и напряжения.

Можно отметить наличие режима BYPASS, при котором после запуска двигателя подключается напрямую к сети питания.

Ведущим производителем МПЧ сегодня является компания OMRON, выпускающая большую линейку МПЧ с разными характеристиками (например, серия МПЧ U1000 в большом диапазоне мощностей с самыми передовыми технологиями на сегодняшний день).

В. И. КУЧЕРЕНКО, С. И. МАТРОСОВ, *Р. Ю. ДОБРЕЦОВ

ЗАО «Научно-технический центр «Ровер»

*ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет

Петра Великого»

Санкт-Петербург, Россия

Безэкипажное гребное судно разработано в ходе совместных исследований специалистов ЗАО «НТЦ «Ровер» и группы финских исследователей, занимавшихся, в основном вопросами системы управления [1]. Судно представляет собой лодку с одной парой весел, для которой разработан комплект электромеханических приводов, имитирующих движения гребца. Источником питания являются две аккумуляторные батареи ёмкостью 100 А·ч.

Силовая установка состоит из двух основных электрических двигателей номинальной мощностью 250 Вт и вспомогательного двигателя, мощностью 70 Вт. Шестеренчатые редукторы позволяют контролировать положение весел, имеющих две степени свободы; кинематика работы весла может быть описана по аналогии с работой шагающего механизма. Сохранена возможность работы веслами вручную.

При тестировании лодка управлялась с помощью IBM-совместимого персонального компьютера, снабженного аналогово-цифровым преобразователем для работы с сигналами от потенциометров, отслеживающих положение весел. Основные характеристики лодки: тип лодки – малая, стандартная, длиной 4 м; масса без дополнительного оборудования – 70 кг; снаряженная масса – 210 кг; полная масса – 285 кг; скорость при полной загрузке – до 2 км/ч; длина весла – 2,2 м; передаточное отношение редуктора основных двигателей (250 Вт) – 92,7:1 и для двигателя подъема весел (70 Вт) – 216:1.

Роботизированная лодка в первую очередь представляет интерес, как разновидность судна с экологически чистым движителем, использование которого возможно в заповедных зонах. Однако она может быть интегрирована в двух- или трехкомпонентную мультиагентную робототехническую систему [2] и участвовать в решении групповых задач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Salmi, S.** Walking on the water-rowing robot / S. Salmi, I. Leppanen, A. Halme // Proceedings of the CLAWAR Symposium – 2000, November 1998.

2. **Пат. 2658684 РФ, МПК В25J 5/00.** Мультиагентная робототехническая система / Е.Г. Борисов [и др.] ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича». – № 2017100956 ; заявл. 10.01.2017 ; опубл. 22.06.2018, Бюл. № 18.

Е. С. ЛУСТЕНКОВА, А. Н. МОЙСЕЕНКО

ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»

Могилевский институт МВД Республики Беларусь

Могилев, Беларусь

Инструменты типа болторезов (рис. 1, а) и арматурорезов (рис. 1, б) используют при ремонте, строительстве. Наряду с разжимающими устройствами и ножницами для резки металлов они также применяются при ликвидации аварий подразделениями МЧС и спецподразделениями МВД для преодоления препятствий и проникновения в закрытые помещения.



Рис. 1. Инструмент: а – болторез; б – ножницы арматурные с гидроприводом

Требования, предъявляемые к указанным инструментам и устройствам следующие: возможность передачи значительных усилий и относительно небольшие габариты и вес. Если болторезы для резки арматуры и болтов диаметром до 12 мм применяются чаще всего механические, то в арматурных ножницах для перерезания прутков конструкционной стали диаметром 12...22 мм используют гидравлический привод, а более 20...22 мм применяют электрический привод. Гидравлический привод требует тщательного ухода и контроля утечек, электрический привод – источника питания, что в полевых условиях не всегда можно обеспечить. При этом стоимость гидравлического и особенно электромеханического инструмента на порядок выше, чем механического.

Целью работы являлась разработка конструкции арматурных ножниц с механическим приводом с использованием встроенного редукторного узла. Известной является конструкция баллонного ключа со встроенной шариковой передачей [1]. Недостатком является малое число параллельных потоков мощности (тел качения) для передачи требуемого момента на ведомое звено. Применение сферической роликовой передачи (СРП) [2] позволяет увеличить передаваемое усилие при небольших габаритах [3]. Дополнительным преимуществом, как и у червячных передач, является самозаторможение, позволяющее предотвратить самопроизвольное разжимание

лезвий. Применение двухрядного сателлита позволяет получить высокие значения передаточных отношений (до 200). Модель СРП, выполненная в системе NX, показана на рис. 2.

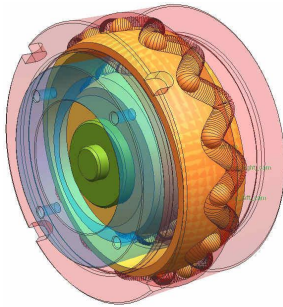


Рис. 2. Модель сферической роликовой передачи

На основе анализа преимуществ и недостатков известных аналогов разработана конструктивная схема инструмента. Инструмент представляет собой сочетание трех механизмов: рычажного, храповой муфты и собственно механической передачи. Ее конструкция существенно упрощена по сравнению с передачами для электромеханического привода: подшипники качения заменены на втулки, разработана новая конструкция сателлита, в качестве элементов качения применены шары.

Разработаны основы расчета основных элементов СРП, применяемой в составе ручного инструмента, на основе методики, изложенной в [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Лустенков, М. Е.** Ключ для демонтажа ведущих колес грузовых автомобилей ЗИЛ и ГАЗ / М. Е. Лустенков // Автомобильная промышленность. – 2003. – № 5. – С. 24–25.
2. **Лустенков, М. Е.** Расчет и проектирование сферических роликовых передач: монография / М. Е. Лустенков, Е. С. Лустенкова. – Могилев : Беларус.-Рос. ун-т, 2017. – 177 с. : ил.
3. **Лустенков, М. Е.** Механизм с изменяющимся углом между осями валов / М. Е. Лустенков, Е. С. Фитцова // Вестн. Брянс. гос. техн. ун-та. – 2014. – № 1. – С. 46–50.
4. **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. – No. 2. – P. 111–121.

УДК 62.5 ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ МОЩНОСТЬЮ ЭНЕРГОБЛОКА ПРИ ПОСТОЯННОМ ДАВЛЕНИИ ПАРА ПЕРЕД ТУРБИНОЙ

Г. Т. КУЛАКОВ, К. И. АРТЕМЕНКО
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

В течении 1974–1979 гг. на восьми энергоблоках Лукомльской ГРЭС были внедрены САУМБ с ведущим котельным регулятором мощности, которые будут вынуждены работать в широком диапазоне изменения нагрузок в связи с планируемым вводом двух энергоблоков Белорусской АЭС. Кроме того ужесточились современные требования к регулированию частоты и перетоков активной электрической мощности в энергосистеме: время достижения половинного значения необходимого изменения мощности должно составлять 10 с в пределах нормального и аварийного резервов; время достижения полного значения необходимого изменения мощности должно составлять 30 с в пределах нормального резерва и 2 мин в пределах аварийного. В связи с этим актуальной становится задача повышения эффективности работы энергоблоков, работающих в переменной части графика электрических нагрузок, за счёт использования современных методов расчёта параметров динамической настройки регулирующих устройств САУМБ.

Предложена САУМБ, отличающаяся от типовой наличием ограничителя корректирующего сигнала на выходе КРМ и заменой дифференциатора инвариантности на сигнал по давлению перегретого пара перед турбиной, подаваемого на вход КРМ в режиме постоянного давления пара перед турбиной.

Результаты моделирования переходных процессов предлагаемой САУМБ по сравнению с типовыми САУМБ, настроенными по современным методам параметрической оптимизации, показали существенное улучшение качества управления: при отработке скачка задания $N_{зд}$ полное время регулирования t_p во всех вариантах составляет 25 с, однако при этом максимальное отклонение давления перегретого пара перед турбиной в предложенном варианте уменьшилось на 35,8 % по сравнению с первым типовым и на 45,8 % по сравнению со вторым типовым. Кроме того, в предлагаемом варианте САУМБ максимальное изменение расхода топлива сократилось по сравнению со вторым – в 1,94 раза, а по сравнению с первым типовым – в 3,18 раза. Причём как максимальное изменение расхода топлива, так и перемещение регулирующих клапанов турбины оказалось меньше лучших зарубежных аналогов.

При отработке внутреннего возмущения f_1 время регулирования t_p сократилось в 3,6 раза по сравнению с двумя типовыми вариантами при примерно одинаковых других показателях качества.

В. С. БУТОМА, А. Н. ДУХОВНИК

Научный руководитель Н. А. ВОЛОРОВА, канд. техн. наук, доц.
УО «Белорусский государственный университет информатики и
радиоэлектроники»
Минск, Беларусь

Машинное обучение, нейронные сети и глубокое обучение встречаются во многих сферах деятельности человека: онлайн-переводчики, текстовый поиск, поиск по изображениям, рекомендации товаров и цифрового контента. Существует множество различных платформ (например, Kaggle, Topcoder, Drivendata), которые готовят для исследователей соревнования. Их предлагается решать методами машинного обучения. Самыми популярными соревнованиями являются те, которые используют в качестве исходных данных изображения.

Практически во всех соревнованиях, связанных с изображениями, лидируют решения, которые используют в качестве основы глубокие нейронные сети, основанные на сверточных архитектурах. Использование сверточных нейронных сетей не решает всех проблем и не дает абсолютную точность. Например, сверточные сети являются очень тяжелыми в производственном плане, они требуют больших вычислительных ресурсов, таких как GPU, RAM и т. д. В каждой сверточной нейронной сети точность предсказания уменьшается при удалении от центра изображения. Методами борьбы с данными краевыми эффектами обычно являются обрезание предсказаний по краям и перехлест предсказаний.

Предлагаемое решение является симбиозом стандартных вариантов борьбы с краевыми эффектами. Каждое изображение (или любой другой многомерный массив) необходимо расширить перед его подачей на вход нейронной сети. Расширять изображение стоит по всем сторонам: вверх, вниз, вправо и влево, причем зеркально. Размер расширения не фиксируется, это является еще одним гиперпараметром решения, но оптимальное стартовое значение — это 10 % от линейных размеров изображения. Для замощения углов можно воспользоваться градиентным заполнением либо зеркально отразить необходимую часть относительно угла. На выходе из нейронной сети стоит обрезать предсказания, которые находятся в расширенном районе и не относятся к исходному изображению.

Е. С. ЛУСТЕНКОВА, М. В. РАЗГОНОВ
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
Могилев, Беларусь

Передачи с промежуточными телами качения (ППТК) применяются в качестве усилителей момента в средствах малой механизации: лебедках, ключах [1] и т. д. Целью исследования была разработка компьютерной модели одной из разновидностей ППТК – сферической роликовой передачи (СРП) для применения ее в технологической оснастке и станочных приспособлениях, в частности, в качестве усилителя момента для машинных тисков [2]. Данная модель исследовалась для оценки кинематических параметров СРП, предполагается ее использование для оценки нагруженности элементов передачи методом конечных элементов в блоке программы Simulation системы NX.

Параметрическая модель СРП показана на рис. 1. В конструкцию передачи включены следующие элементы: 1 – ведущий вал; 2 – наклонный участок (кривошип); 3 – подшипник (подшипники) качения; 4 – сателлит; 5, 6 – тела качения (ролики со сферическими концами) двух рядов сателлита; 7 – ведомый вал с периодическим кулачковым профилем; 8 – корпусные кулачки, образующие неподвижную периодическую беговую дорожку.

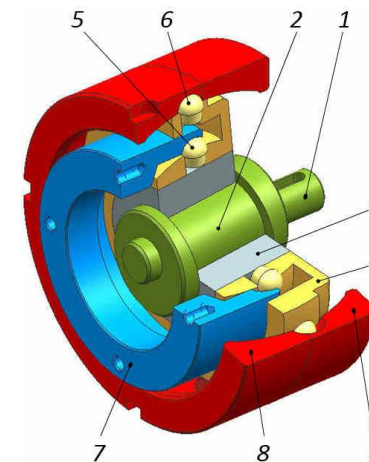


Рис. 1. Модель сферической роликовой передачи

Передача работает следующим образом. При вращении ведущего вала 1 установленный на нем составной сателлит 4 совершает колебательные движения относительно оси передачи, вызываемые вращением наклонного участка вала (кривошипа) 2. Ряд роликов 6, установленных в отверстиях сателлита 4, выполненных на его наружной поверхности с равномерным шагом, перемещаются по беговой дорожке, образованной торцовыми профилями двух кулачков 8, закрепленных в корпусе усилителя момента. Благодаря тому, что сателлит 4 установлен на ведущем валу 1 с помощью подшипников качения 3, при работе передачи он вращается относительно своей оси. Его вращение относительно оси передачи передается на ведомый вал усилителя с помощью второго ряда роликов 5, размещенных в сателлите. Эти ролики перемещаются по периодической беговой дорожке ведомого вала 7, вызывая его вращение со сниженной скоростью и с увеличенным вращающим моментом.

В модуле программы NX Simulation/Motion подтверждено теоретически рассчитанное передаточное отношение $i = 105$ при числе периодов беговой дорожки $Z_3 = 13$, образованной корпусными кулачками и числом периодов $Z_2 = 15$ профиля кулачка ведомого вала. Следует отметить, что для станочного приспособления передаточное отношение не должно превышать 20.

Для оценки прочности элементов СРП была разработана программа в системе компьютерных математических вычислений Mathcad. Исходными данными являлись характеристики материалов деталей передачи и нагрузки на валы СРП, определяемые по методике, аналогичной приведенной в источнике [3]. При определении контактных напряжений по теории Герца, уточненной и дополненной с учетом специфики контактного взаимодействия деталей СРП [4], было подтверждено, что наибольшие значения напряжений возникают в контакте роликов того ряда, который контактирует с ведомым кулачком. Дальнейшие исследования предполагают использование разработанной модели в блоке Simulation.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Лустенков, М. Е.** Ключ для демонтажа ведущих колес грузовых автомобилей ЗИЛ и ГАЗ / М. Е. Лустенков // Автомобильная промышленность. – 2003. – № 5. – С. 24–25.
2. **Лустенков, М. Е.** Расчет и проектирование сферических роликовых передач: монография / М. Е. Лустенков, Е. С. Лустенкова. – Могилев : Беларус.-Рос. ун-т, 2017. – 177 с. : ил.
3. **Лустенков, М. Е.** Силовой анализ передач с промежуточными телами качения / М. Е. Лустенков // Изв. высш. учебных заведений. Машиностроение. – 2016. – № 10. – С. 26–31.
4. **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. – No. 2. – P. 111–121.

УДК 519.86

ОТДЕЛЕНИЕ ГОЛОСА ОТ МУЗЫКИ ИЗ АУДИОЗАПИСЕЙ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ

В. С. БУТОМА, А. Н. ДУХОВНИК
Научный руководитель В. Н. КОЗУБ

УО «Белорусский государственный университет информатики и
радиоэлектроники»
Минск, Беларусь

В настоящее время задача разделения голоса и музыки не является решенной. Одним из возможных применений является использование системы разделения голоса от фонограммы в караоке-системах и мобильных приложениях, которые в настоящее время становятся крайне популярными. Существуют решения с различной степенью качества, например, встроенные в стандартные утилиты для обработки звука Audacity и Soundmane и т. д. В данных утилитах используются следующие методы: вырезание голосовых частот, вырезание центра спектрограммы.

Особенный интерес эта задача представляет для решения ее с помощью нейронных сетей, в том числе с помощью архитектур со сверточными слоями.

Предлагается использовать нейронную сеть, которая будет представлять собой сверточный автоэнкодер со связями между последовательными слоями и связями между ранними и более поздними слоями. Для представления звука как спектрограммы предлагается использовать оконное преобразование Фурье.

Алгоритм обучения нейронной сети:

- аудиофайл раскладывается в спектрограмму (трехмерный массив), которая затем отправляется на вход нейронной сети;
- спектрограмма, полученная на выходе из нейронной сети, сравнивается с эталонной спектрограммой голоса, при этом разность между ними используется для обновления весов в сети методом обратного распространения ошибки;
- полученную спектрограмму можно использовать для создания аудиофайла методом обратного преобразования Фурье.

Для получения набора данных при обучении можно применить открытые базы данных записей голоса, записанного в акустических студиях, в которых нет фонограммы. Аналогично можно воспользоваться данными фонограмм и минусов для получения набора данных о музыке без голоса. Далее простым наложением музыки и голоса получаем набор данных, который будет поступать на вход нейронной сети, а исходные записи с «чистым» голосом используем как эталон на выходе из сети.

УДК 621.31.83.52
ВЛИЯНИЕ АКТИВНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ОТМОТКИ СТАТОРА
СДПМ НА ЗАКОН СКАЛЯРНОГО ЧАСТОТНОГО УПРАВЛЕНИЯ

С. В. АЛЕКСАНДРОВСКИЙ

Научный руководитель Б. И. ФИРАГО, д-р техн. наук, проф.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

В настоящее время наблюдается расширение области применения синхронных двигателей с постоянными магнитами (СДПМ) для частотного регулирования с независимым заданием частоты (скалярное управление). Из разнообразия законов плавного изменения частоты напряжения наиболее распространен на практике пропорциональный закон.

Рассматриваем СДПМ с поверхностным расположением постоянных магнитов, т.е. как неявнополюсный синхронный двигатель (СД) с недо возбуждением. Принимаем, что магнитный поток, создаваемый постоянными магнитами постоянный по величине, а обмотка статора СД обладает активным R_1 и синхронным индуктивным X_c сопротивлением. При этих условиях по уравнению электрического равновесия СДПМ в векторно-комплексном виде можно построить векторную диаграмму СДПМ в комплексной плоскости. Из этой векторной диаграммы при известной величине ЭДС взаимной индукции E_1 можно найти для данной нагрузки величину требуемого фазного напряжения U_1 статора.

После преобразований закон скалярного частотного управления СДПМ в относительных единицах принимает вид:

$$\gamma = \alpha \sqrt{A^2 + \left[B + \frac{\rho}{\alpha} \right]^2}, \quad (1)$$

где α – относительная частота; γ – относительное напряжение статора при данном α ; ρ – относительное активное сопротивление одной фазы обмотки статора; A и B – постоянные величины.

Можно видеть, что закон (1) отличается от пропорционального $\gamma = \alpha$.

Уровень отклонения закона частотного управления СДПМ будет зависеть от параметров синхронного двигателя. Для этого разработана методика определения параметров СДПМ при скалярном частотном управлении на основании технических данных выпускаемых СДПМ при векторном управлении.

Проведенные исследования показали, что влияние активного сопротивления обмотки статора СДПМ на пропорциональный закон частотного управления незначительное (отклонение $\leq 5-10\%$) по сравнению с асинхронным двигателем в диапазоне частот $1 \leq \alpha \leq 0,1$, что во многих случаях позволяет применять пропорциональный закон без корректировки.

УДК 622.24
СОЗДАНИЕ УСТРОЙСТВА НА БАЗЕ ЭКСЦЕНТРИКОВОЙ ПЕРЕДАЧИ
ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ОТВЕРСТИЙ В СТРОИТЕЛЬНЫХ
КОНСТРУКЦИЯХ ПРИ РАЗБОРКЕ ЗАВАЛОВ

А. С. МАКАРЕВИЧ, С. Д. МАКАРЕВИЧ, К. А. КОСТЮК
Научный руководитель П. Н. ГРОМЫКО, д-р техн. наук, проф.
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
Могилев, Беларусь

Белорусско-Российским университетом совместно с Министерством по чрезвычайным ситуациям выполняются исследования возможности применения эксцентриковой передачи с параллельным расположением входного и выходного валов в устройствах для выполнения отверстий в строительных конструкциях при разборке завалов.

При разрушении зданий и сооружений во время взрывов, пожаров и других техногенных чрезвычайных ситуаций под образовавшимися завалами могут находиться пострадавшие люди. Аварийно-спасательные подразделения на сегодняшний момент оснащены инструментом, который не всегда соответствует требованиям, предъявляемым при разборке завалов и извлечении тяжелых обломков бетонных и каменных конструкций. Для разрушения конструкций и пробивки отверстий применяются пневматические или электрические отбойные молотки, бетоноломы и другие средства. Данное оборудование не всегда соответствует требованиям таких работ и при их проведении существует опасность для здоровья спасателей.

В настоящее время для бурения используются специальные приводы. Чаще всего они представляют собой станок с электродвигателем. Есть и ручные варианты сверлильных машин, но они малоэффективны ввиду низкого КПД и длительности работ. Существует опасность для спасателя при непроизвольном разрушении конструкции ввиду непосредственной близости к месту проведения работ.

Для выполнения отверстий в строительных конструкциях при разборке завалов предлагается применять эксцентриковую передачу с параллельным расположением входного и выходного валов. Разрабатывается малогабаритное переносное устройство с возможностью применения не только непосредственно спасателем, но и установкой на пожарные аварийно-спасательные и вспомогательные автомобили с возможностью дистанционного управления, что позволит избежать непосредственной опасности для здоровья спасателя.

Разрабатываемое устройство позволит более технологично выполнять отверстия и качественно проводить разборку завалов, снижая трудоемкость проведения данных аварийно-спасательных работ.

А. М. ПАШКЕВИЧ
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
Могилев, Беларусь

Нередко современное машиностроение использует привод технологического оборудования на базе редукторов, имеющих передаточные отношения, определяемые значениями в сотни и тысячи. При этом актуальной задачей остается сокращение массы и габаритов привода.

Для привода круговой подачи при сварке ресивера был разработан трехступенчатый редуктор, рассчитанный на передаточное отношение $U = 1000$. Передаточное отношение одной ступени составляет $u = 10$.

Практика показала, что при небольших нагрузках целесообразно проектировать редуктора с одинаковыми передаточными отношениями ступеней и с плунжерами одинакового размера.

На начальном этапе принимают диаметр шаровых плунжеров из соображений минимизации диаметральных размеров деталей зацепления и их технологичности. Чаще всего вначале принимают шары диаметром $D_{III} = 5-15$ мм. Затем этот диаметр уточняется.

Определяем число плунжеров n в зависимости от числа периодов центрального колеса z_2 и желаемого направления вращения ведомого вала.

При $n = z_2 - 1$ направление вращения ведущего и ведомого валов совпадает, при $n = z_2 + 1$ вращение разнонаправлено.

Значение эксцентриситета e , определяющего амплитуду периодического профиля центрального колеса и деталей зацепления, определим по формуле:

$$e = D_{III} / 4.$$

По результатам проверочного расчета на контактную прочность корректируют первоначально принятый диаметр плунжеров и выбранные диаметральные размеры деталей.

Радиально-плунжерный редуктор используется в приводе круговой подачи станочного приспособления для фрезерования цилиндрических пазовых кулачков. Редуктор имеет три ступени и рассчитан на передаточное отношение 4096. Он отличается весьма малыми габаритными размерами $B \times H \times L = 125 \times 125 \times 210$. Передаточное отношение одной ступени $u = 16$.

Практическое применение и эксплуатационные испытания шариковых радиально-плунжерных редукторов показали их высокую надежность, эффективность и низкие массогабаритные показатели.

Е. С. ЧЕРНЕВА
Научный руководитель Г. Н. ПЛАХОТНЫЙ, канд. техн. наук, доц.
Одесская государственная академия строительства и архитектуры
Одесса, Украина

Судьба разрушения не пощадила здание Свято-Алексеевского храма в г. Байрам Али (Туркмения). В 90-х гг. XX в. группой специалистов ОИСИ (ОГАСА) было выполнено комплексное обследование архитектурного и технического состояния памятника. Начиная с 1920 г. началось постепенное разрушение Храма. Сначала были снесены кресты, купола, деревянные конструкции покрытия. Помещения храма использовались как столовая и склады, а во время войны как лагерь для военнопленных. Объемно-планировочное решение храма представлено схемой зального типа с четырьмя перекрестными арками. С восточной стороны храма выступает апсидная часть, с западной части имеется лестница с выходом на второй этаж, где расположены хора. Вся верхняя часть стропильной системы и кровля утрачены. При визуальном обследовании было обнаружено ряд трещин в несущих элементах, были установлены фиксирующие маяки (60 шт.). Часть пристроенных позже помещений были раскрыты и очищены. При дальнейшем тщательном обследовании оказалось, что в этой части здания расположен частично сохранившийся подземный переход. При темпорировании подземной части перехода дальнейшая деформация стен и раскрытие трещин прекратились. Изучив результаты визуально-инструментального обследования и архивные материалы, сотрудниками ОИСИ (ОГАСА) был разработан научно-реставрационный отчет. Для усиления деформированных несущих стен отдельные трещины зачеканивались цементно-песчаным раствором из расширительного цемента, или выполнялась перекладка части стены с применением более прочного раствора чем в старой кладке. Для повышения устойчивости стен в проекте было рекомендовано применение горизонтальных тяжей, концы которых имели винтовую нарезку и пропускались в заранее просверленные отверстия в несущих стенах. Окончательное натяжение производят (муфтами с двойной резьбой) в средней трети длины тяжа с помощью динамометрического ключа. Научно-реставрационный отчет о восстановлении Свято-Алексеевского храма в г. Байрам Али был сдан в министерство культуры Туркмении и после прохождения экспертиз на данный момент успешно реализован.

П. О. СУНАК, *Л. Н. КСЕНШКЕВИЧ, *Е. Н. КРАНТОВСКАЯ,
Б. О. ПАРАСЮК

Луцкий национальный технический университет,

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры
Луцк, Одесса, Украина

Факторы, влияющие на характер формирования, величину физико-механических характеристик СФБ, изменения их во времени можно условно разделить на две группы. В первой – факторы по изготовлению конструкций, по свойствам и соотношениям исходных материалов: минералогическим составом, активностью цемента; гранулометрическим составом мелкого заполнителя; объемом, прочностью, размерами и характером поверхности стальных фибр; водоцементным отношением СФБ-смеси. Вторая группа, влияющая на изменчивость физико-механических свойств, из условий работы конструкций: влажность и температура окружающей среды; размеры поперечного сечения элемента; продолжительность, характер действия нагрузок и воздействий. Обработка ряда опытных данных [1–2] позволила найти существенные факторы, влияющие на прочность и модуль упругости СФБ:

1) для прочности СФБ: вид и активность цемента; состав мелкозернистого бетона, физико-механические свойства, объем, диаметр, длина и характеристика поверхности стальных фибр; интенсивность нагрузки;

2) для начального модуля упругости СФБ: кубиковая прочность мелкозернистого бетона, состав бетона, характеристики, объем стальных фибр, относительный уровень, характер приложенных напряжений; размеры поперечного сечения (влияние меньше). Исследования показали основные причины увеличения изменчивости физико-механических свойств: низкая культура производства; старение (износ) материалов во времени; условия хранения, транспортировки; природные условия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сунак, О. П. Оцінювання надійності сталевібробетонних елементів / О. П. Сунак, Л. Н. Ксеншкевич, Е. Н. Крантовська, Б. О. Парасюк : монографія. – Луцьк : ЛДТУ, 2001. – 142 с.
2. Дослідження методів визначення надійності позациентрово стиснутих сталевібробетонних елементів / П. О. Сунак [и др.] // Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві: зб. наук. праць – Луцьк : Луцький НТУ, 2017. – Вип. 7. – С. 245–251.

А. М. ПАШКЕВИЧ

ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
Могилев, Беларусь

В приводах современного технологического оборудования все чаще возникает необходимость в передачах с высокими передаточными отношениями. Традиционное использование зубчатых планетарных редукторов не всегда позволяет достичь минимальных массогабаритных показателей. Решить эту задачу возможно, применив в качестве привода новые типы передач, одной из которых является шариковая (или роликовая) Эта передача отличается простотой изготовления и высоким КПД.

Область применения радиально-плунжерных редукторов определяется передаточными отношениями: от 8–10 до 50 и более в одной ступени и до десятков тысяч при многоступенчатом исполнении, а также, 8–10 степенями кинематической точности, широким диапазоном передаваемых нагрузок и возможностью реверсивной работы.

При построении редукторов наиболее рационально использовать схему, основанную на последовательном соединении двух или трех одинаковых по конструкции ступеней (модульный принцип построения). Расчет и проектирование производится лишь для выходной наиболее нагруженной ступени.

Использование одинаковых модулей выгодно с точки зрения ремонтпригодности. У силовых передач, кинематическая точность которых не имеет решающего значения, при износе тихоходной (наиболее нагруженной) ступени можно поменять ее местами с быстроходной ступенью. Таким образом, срок службы редуктора можно значительно увеличить.

Следует отметить, что передаточные отношения двух- и трехступенчатых редукторов перекрывают друг друга. Это позволяет гибко варьировать линейные и диаметральные размеры готового изделия.

Анализ передаточных отношений позволил сделать следующие выводы. При конструировании радиально-плунжерных редукторов с передаточными отношениями до 50 рекомендуется использовать одноступенчатые передачи. При ограничении диаметральных размеров более удобным является двухступенчатое исполнение, хотя это вызывает увеличение линейных размеров привода. Реализовать передаточные отношения от 50 до 2500 возможно, используя двухступенчатые редукторы, а для более высоких передаточных отношений – трех- и четырехступенчатые.

УДК 621.43
АНАЛИЗ ДЕФОРМАЦИИ РАЗЛИЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЦИЛИНДРА
МАЛОРАЗМЕРНОГО ДИЗЕЛЯ С ВОЗДУШНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ
ОТ ДЕЙСТВИЯ МОНТАЖНЫХ УСИЛИЙ

К. Ю. ПЛАТОНОВ
ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»
Тула, Россия

Актуальной задачей является повышение технического уровня и конкурентоспособности отечественных дизелей на мировом рынке.

Одной из наиболее ответственных деталей одноцилиндрового дизеля с воздушным охлаждением является цилиндр. К цилиндру предъявляются достаточно высокие требования по уровню деформаций, как на стадии сборки, так и в процессе эксплуатации [1].

В работе представлены результаты исследования деформаций различных вариантов конструкции цилиндра одноцилиндрового дизеля ТМЗ-650Д [2] от действия монтажных усилий при затяжке гаек крепления головки цилиндра.

Моделирование проводилось в программной среде ANSYS [3]. Для цилиндра дизеля ТМЗ-650Д был разработан вариант улучшенной конструкции. Основные изменения коснулись пояса оребрения, увеличена длина ребер и добавлены ребра в верхней части цилиндра. Длина ребер увеличивается конусообразно к верхней части цилиндра. Данные изменения позволили увеличить жесткость цилиндра и увеличить площадь оребрения на 11 %, что снижает термонагруженность цилиндра в районе его рабочей зоны. Результаты моделирования показали уменьшение перемещений стенки цилиндра на 14 % для улучшенного варианта конструкции цилиндра.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дизели с воздушным охлаждением Владимирского тракторного завода / В. В. Эфрос [и др.]. – Москва : Машиностроение, 1976. – 277 с.
2. Малогабаритные универсальные дизели [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tulamash.ru/catalog/4>.
3. Платонов, К. Ю. Моделирование и анализ деформаций цилиндра дизельного одноцилиндрового двигателя в среде ANSYS / К. Ю. Платонов, Р. Н. Хмелев // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – 2017. – № 1(16). – С. 274–278.

УДК 666.972.163
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК ДЛЯ
ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ВЫСОЛОВ НА ПОВЕРХНОСТИ БЕТОНА

Т. М. СУДНИКОВИЧ
Научный руководитель М. И. КУЗЬМЕНКОВ, д-р техн. наук, доц.
УО «Белорусский государственный технологический университет»
Минск, Беларусь

Цементы белорусского производства содержат большое количество щелочей из-за чего на фасадах зданий из бетона, оштукатуренных и облицовочных плитах, на тротуарных бетонных плитах появляются высолы.

Появление высолов обусловлено наличием в цементе растворимых соединений, в первую очередь щелочей и гидроксида кальция, которые образуют на поверхности бетона сульфат натрия и карбонат кальция.

Для решения проблемы высолообразования на поверхности бетона предлагается введение активных минеральных добавок, таких как трепел, бокситная глина, кремнегель, матакаолин. Выбор добавок обоснован наличием активного SiO_2 , $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$, гидроксидов железа и алюминия, которые могут провзаимодействовать с $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и NaOH с образованием труднорастворимых соединений.

Из бетонной смеси, с различным содержанием добавок, были изготовлены образцы-балки с $V/C = 0,4$.

Оценка высолообразования производилась визуально на образцах.

Исходя из визуальной оценки можно отметить то, что оптимальной является дозировка кремнегеля с содержанием до 0,25 % от массы цемента. При содержании кремнегеля более 0,5 % от массы цемента, количество высолов увеличивается.

С увеличением содержания трепела, наличие высолов на поверхности образцов снижается. Визуальная оценка показала, что оптимальным содержанием трепела в бетонной смеси является не менее 1 % от массы цемента.

Матакаолин с содержанием свыше 0,5 % от массы цемента также может использоваться, как добавка против высолов.

Образцы всех составов бетона с добавками были подвергнуты прочностным испытаниям на изгиб и сжатие в возрасте 28 суток. Полученные экспериментальные данные позволяют сделать вывод о том, что все используемые минеральные добавки не оказывают значительного влияния на прочностные свойства бетона.

Для цементного теста с оптимальным содержанием добавок были проведены испытания по определению сроков схватывания. Сроки схватывания отличаются от контрольного образца на $\pm 5-10$ мин.

Л. Л. СОТНИК
Научный руководитель Л. А. СИВАЧЕНКО, д-р тех. наук, проф.
УО «Барановичский государственный университет»
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
Барановичи, Могилев, Беларусь

Одной из важнейших характеристик, как вибровалкового измельчителя, так и любых машин, является энергия, затрачиваемая на процесс дезинтеграции материалов.

Замер потребляемой мощности проводится параллельно при проведении всех опытов при исследовании, как качественных параметров процесса измельчения, так и технологических.

Проводимые исследования показали, что при дезинтеграции материалов протекание ряда процессов сопровождается значительным потреблением мощности. Помимо этого, физико-механические свойства материалов оказывают существенное влияние на расход энергии [1].

Расход энергии идет не только на дезинтеграцию материала в виде образования новых поверхностей, но и на пластические и упругие деформации материала, образование дефектов, внешнее трение и т.д. [2].

Учет всех этих факторов в теоретических расчетах делает задачу нерешаемой из-за большого числа неизвестных параметров.

В связи с этим более приемлемыми являются простые зависимости на основании основных статей расходов в вибровалковом измельчителе. Мощность привода вибровалкового измельчителя, затрачиваемую на дезинтеграцию материалов можно определить согласно выражению:

$$N_{\text{внн}} = \frac{N_{\text{изм1}} + N_{\text{изм2}} + N_{\text{внб}} + N_{\text{тр}}}{\eta};$$

где $N_{\text{изм1}}$ и $N_{\text{изм2}}$ – мощность, затрачиваемая на раздавливающе-сдвиговые деформации материалов ведущим и эксцентриковым валками, Вт; $N_{\text{внб}}$ – мощность, затрачиваемая на привод эксцентрикового вала, Вт; $N_{\text{тр}}$ – мощность, необходимая на преодоление сил трения, Вт; η – коэффициент полезного действия привода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сиденко, П. Л. Измельчение в химической промышленности / П. Л. Сиденко. – Москва : Химия, 1977. – 368 с.
2. Селективное разрушение минералов / В. И. Ревнивцев [и др.]; Под ред. В. И. Ревнивцева. – Москва : Недра, 1988. – 287 с.

А. П. ПРУДНИКОВ, С. Л. ШОСТАК
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
Могилев, Беларусь

Передачи с промежуточными телами качения применяются для создания малогабаритной приводной техники, поскольку главным их преимуществом являются небольшие габаритные размеры. При этом их можно применять только в качестве редукторов. Сложность создания мультипликаторов на их базе связана с наличием самоторможения, т. к. угол подъема участка синусоиды, образующей однопериодную беговую дорожку, меньше угла трения. Увеличить угол подъема можно за счет увеличения амплитуды синусоиды, однако это влечет снижение КПД и уменьшение числа тел качения, передающих нагрузку, вследствие значительного подрезания вершин многопериодной беговой дорожки (величина подрезания возрастает с увеличением передаточного отношения).

Конструкция передачи с промежуточными телами качения, зафиксированными на ведущем валу и совершающими колебательное движение, позволяет использовать ролики с различной длиной их концов относительно центра колебательного движения. При этом один конец ролика взаимодействует с однопериодной беговой дорожкой, а другой – с многопериодной беговой дорожкой. Соответственно, это позволяет использовать для получения соответствующих беговых дорожек одно- и многопериодные синусоиды с различной амплитудой.

Для получения мультипликатора на базе передачи с фиксированным расположением промежуточных тел качения длина конца ролика, взаимодействующего с многопериодной беговой дорожкой, устанавливается исходя из амплитуды образующей ее синусоиды (с точки зрения наибольшего КПД и минимального подрезания вершин беговой дорожки). В свою очередь длина конца ролика, взаимодействующего с однопериодной беговой дорожкой, устанавливается такой величины, чтобы обеспечить максимально возможную величину амплитуды синусоиды, образующей эту беговую дорожку, но с учетом требуемых радиальных и осевых габаритных размеров передачи. Также при этом необходимо учитывать возникающий изгибающий момент, действующий на ролик, ограничивающий его возможную длину.

Передача с фиксированным расположением промежуточных тел качения позволяет реализовывать малогабаритные мультипликаторы, которые могут применяться для создания мехатронных модулей, приводов роботов и ветрогенераторов.

УДК 631.358
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТИРОВКИ СЫПУЧИХ
МАТЕРИАЛОВ ВИНТОВЫМИ КОНВЕЙЕРАМИ

Р. И. РОЗУМ, Р. Б. ГЕВКО, *И. В. БОЯРСКАЯ
Тернопольский национальный экономический университет
*Луцкий национальный технический университет
Тернополь, Луцк, Украина

Технологические процессы уборки и переработки сыпучих материалов сельскохозяйственного производства состоят из трудоемких загрузочно-разгрузочных и транспортных операций. Повышение технологической эффективности механизации таких операций возможно с применением новых методов самозагрузки и транспортировки сыпучих материалов по криволинейным трассам гибкими винтовыми конвейерами [1–3].

В этом случае, в зоне загрузки материала на свободном конце технологической магистрали устанавливается загрузочный патрубок, активаторы которого приводятся в движение от гибкой винтовой спирали и обеспечивают подачу сыпучего материала внутрь гибкого кожуха.

Рабочая спираль, которая свободно размещена в гибком кожухе, обеспечивает транспортировку сыпучего материала в зону выгрузки.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований разработанных механизмов гибких винтовых конвейеров, а также обоснованные рациональные конструктивные, кинематические и технологические параметры винтовых самозагрузочных патрубков, подтвердили эффективность выбранного направления повышения эффективности транспортировки сыпучих материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Невко, Р. В.** Development of design and investigation of operation processes of loading pipes of screw conveyors / R. V. Nevko, R. I. Rozum, O. M. Klendiy // INMATEH: Agricultural engineering. – 2016. – Vol. 50, No. 3. – Pg. 89–94.
2. **Гевко, Р. Б.** Підвищення технологічного рівня процесів завантаження та перевантаження матеріалів у гвинтових конвеєрах: монографія / Р. Б. Гевко [та ін.]. – Тернопіль : Осадца Ю. В., 2018. – 180 с.
3. **Гевко, Р. Б.** Визначення траєкторії руху технологічної магистралі гнучкого гвинтового конвеєра / Р. Б. Гевко, Р. І. Розум // Вісник Інженерної академії України. – 2007. – № 1. – С. 66–70.

УДК 711.4
МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КАК ИНСТРУМЕНТ
ПРЕДПРОЕКТНОГО АНАЛИЗА И МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ
МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПАРКОВ

Р. В. СИЛИН
Научный руководитель В. Ф. КАСЬЯНОВ, д-р техн. наук, проф.
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет»
Могилев, Беларусь; Москва, Россия

Проблема урбанизации актуализировала вопрос разработки методических подходов для комплексной оценки качества материальных объектов градостроительного проектирования, среди которых заметное место занимают городские многофункциональные парки (МФП). В проектировании МФП в последние десятилетия появились новые подходы, воплощенные в методе «проектного прогнозирования» и «сценарном проектировании». Метод базируется на вариантном прогнозировании альтернативных алгоритмов поведения всех возможных участников «спектакля», выявлении устойчивых «сценариев» и проектировании архитектурной среды как «декорации», обеспечивающей условия реализации сразу многих «сценариев». Такой подход к проектированию архитектурных объектов нуждается в глубоких и регулярно актуализируемых знаниях о реализуемых посетителями на территории парка «сценариях» и требует непрерывного мониторинга соответствия МФП современным «сценариям» посетителей. Эффективным инструментом для этих целей выступают методы многокритериальной оценки качества объектов градостроительства и в частности метод квалиметрии. В контексте этого метода качество парка рассматривается, как его способность выполнять желаемые посетителями функции. Метод позволяет создавать математические модели, описывающие многофункциональные парки любой сложности с помощью иерархических структур. Неразрывность связи модели с реальными поведенческими «сценариями» при этом обеспечивается через использование социологических исследований и экспертных оценок, применяемых для построения перечня и структуры функций парка. Результат оценки визуализирует состояние МФП или в целом, через индекс качества, или даёт оценку выполнения им любой из своих функций. Сама иерархическая математическая модель парка при этом является гибким инструментом, позволяющим учесть в структуре функций МФП множество различных социальных «сценариев», и способным к развитию по мере изменения, как самого объекта приложения, так и объёма научных знаний о нём.

В. А. РЖЕВУЦКАЯ

Научный руководитель С. Д. СЕМЕНЮК, д-р техн. наук, проф.
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
Могилев, Беларусь

Свойства легкого бетона можно использовать несколькими способами: от его использования в качестве, прежде всего, конструкционного материала, до его включения в конструкции для улучшения теплоизоляции. Поэтому легкие бетоны сейчас широко внедряются при строительстве промышленных, гражданских и сельскохозяйственных зданий.

Некоторыми авторами было предложено при определении прочности легкого бетона учитывать такие деформативные характеристики: модули упругости заполнителя и раствора, предельные сжимаемости и растяжимости заполнителя и скелета бетона.

Более низкий модуль упругости и более высокая прочность на растяжение бетона на легком заполнителе обеспечивает лучшую ударную прочность, чем обычный бетон. Этот фактор используется в ситуациях для защиты подводных сооружений. Соотношения напряжений и деформаций для легкого бетона более линейны и «хрупки», чем для обычного бетона. Такой факт, вероятно, объясняется большей совместимостью между частицами заполнителя и окружающей цементной матрицей. В случае обычного бетона образование и распространение мелких микроскопических трещин или микротрещин уже давно признаны причинами разрушения бетона и заметной нелинейностью кривой напряжения – деформации, особенно вблизи предельного уровня напряжения.

В результате исследований в университете были определены прочностные и деформативные характеристики керамзитобетона такие, как кубиковая, призмная и цилиндрическая прочности, модули продольных и поперечных деформаций, модуль сдвига, верхний и нижний пределы микротрещинообразования. Статистическими методами линейной корреляции устанавливались значения параметров линейных корреляционных зависимостей.

Проанализированы формулы многих авторов, которые связывают прочность легкого бетона с деформативными свойствами компонентов, а также учитывают прочность компонентов, их объемное содержание и деформативные свойства.

С. В. РУБИК

Научный руководитель А. В. ЛОКТИОНОВ, д-р техн. наук, проф.
УО «Витебский государственный технологический университет»
Витебск, Беларусь

Определим угол движения α_d , резца при поперечной подаче исполнительного механизма [1,2]. Установлено, что при скорости поперечной подачи исполнительного механизма равной 10 м/мин , $n = 53 \text{ мин}^{-1}$, диаметре головки по резцам $D = 396 \text{ мм}$, значение α_d изменяется от $0,2$ до $8,44^\circ$.

Для расчета углов движения α_d резца с учетом угла его установки β на режущей головке исполнительного механизма необходимо знать соотношения между величинами задних углов (рис.1). Установлено, что при поперечной подаче ($\beta_1 \approx 0$):

$$\operatorname{tg} \alpha_N = \operatorname{tg} \alpha_x \cos \beta, \quad \operatorname{tg} \alpha_{N_1} = \operatorname{tg} \alpha_{x_1} \sin \beta, \quad (1)$$

где α_N и α_{N_1} – искомые углы движения по задней и боковым граням резца; β – угол установки резца; α_x и α_{x_1} рассчитываются по формуле $\varphi - \beta$, где φ – угол качения, определяемый по величине направляющего косинуса [1].

Расчет по зависимостям (1) показывает, что при принятых выше расчетных данных и изменении угла β от 0 до $80 \dots 85^\circ$ задний угол α_{N_1} по боковой грани возрастает до $8,3^\circ$, а α_N по задней грани уменьшается до $1,4^\circ$.

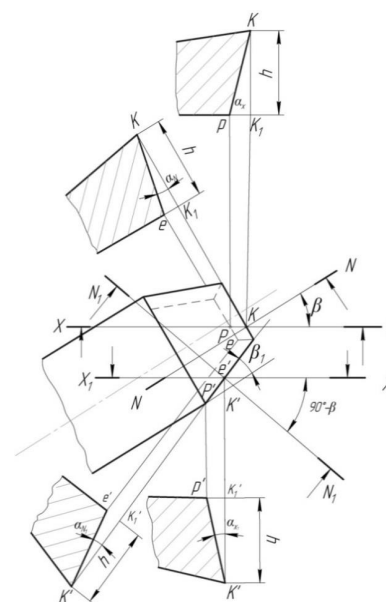


Рис. 2. Схема для расчета задних углов при поперечной подаче резца

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грановский, Г. И. Кинематика резания / Г. И. Грановский. – Москва : Машгиз, 1947. – 200 с.
2. Локтионов, А. В. Расчет кинематических параметров при сферическом движении исполнительного механизма / А. В. Локтионов // Теоретическая и прикладная механика. – 2016. – № 31. – С. 323–329.

Я. В. СЕМЕН, З. О. ГОШКО, *С. В. СИНИЙ
Львовский национальный аграрный университет
*Луцкий национальный технический университет
Львов, Луцк, Украина

Для повышения эффективности и качества поверхностной обработки почвы разработана конструкция вибрационной борны, содержащая две секции, соединенные между собой шарниром и упругим элементом [1, 2].

Экспериментальными исследованиями установлено, что сопротивление данной конструкции борны изменяется пропорционально твердости почвы и зависит от скорости движения агрегата и глубины обработки орудия. Среднее значение тягового сопротивления вибрационной борны R_{cp} при работе на глубинах $h = 0,06-0,08$ м возрастает плавно. При дальнейшем увеличении h наблюдается резкий прирост R_{cp} почти по линейной зависимости, поскольку при $h = 0,10-0,12$ м возрастает боковая сила, действующая на зуб борны в процессе его работы.

Среднее значение тягового сопротивления R_{cp} для всего диапазона рабочих скоростей V_{cp} в интервале $h = 0,10-0,12$ м характеризуется резким увеличением, причем наблюдается закономерность – чем выше V_{cp} , тем больше R_{cp} . Увеличение h сопровождается повышением затрат энергии на сдвиг и деформацию частиц почвы нижней кромкой зуба борны и увеличение тягового сопротивления; уменьшение h до $0,10$ м вызывает частичный поворот секций борны под действием упругого элемента в исходное положение и сопротивление орудия уменьшается. Зуб встречает сопротивление и деформирует грунт преимущественно боковой поверхностью, находящейся спереди по направлению движения борны, а в задней части зуба за ходом борны образуется уже обработанный участок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Семен, Я. В. Обгрунтування конструкції вібраційної борони / Я. В. Семен, Р. І. Тисовський, О. Я. Семен // X Міжнародна науково-практична конференція «Зправу vědecké ideje – 2014». – Dil 10. Ekologie. Zeměpis a geologie. Chemie a chemick a technologie. Zemědělství. – Praha: Publishing House „Education and Science”, 2014. – s.r.o. 64–67.
2. Пат. 109129 (Україна) МПК А 01 В 19/00. Вібраційна борона / Я. В. Семен, О. М. Крунич, Д. В. Кузенко. – № и 201602013; заявл. 01.03.2016; опубл. 10.08.2016. Бюл. №15.

С. А. ПЕЛАГЕЙКИН
Научный руководитель В. Т. ПАРАХНЕВИЧ, канд. техн. наук, доц.
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»

Строительство автомобильных дорог приводит к нарушению режима грунтовых вод. Вес насыпи дороги и транспорта увеличивает нагрузку на подстилающие слои грунтов. Происходит изменение их механических и гидравлических характеристик. Это изменение в основном относится к хорошо и слабо фильтрующим грунтам (пески, супесь).

Концентрация грунтовых потоков характерно в пониженных местах, где наблюдается интенсивность как поверхностного, так и подземного стока.

Увеличение нагрузки на подстилающие слои приводит к их уплотнению (уменьшению) пор, которые составляют живое сечение подземного потока.

Степень уплотнения зависит от состава грунта, его мощности и величины нагрузки (высота насыпи дороги относительно уплотняемого основания и характеристики транспорта).

Расход грунтовых вод определяется по формуле Дарси:

$$Q = k\omega i;$$

где k – коэффициент фильтрации, м/с; $\omega = \omega_{п} + \omega_{ск}$ – площадь фильтрующего слоя, м²; $\omega_{п}$ – площадь живого сечения пор грунта, м²; $\omega_{ск}$ – площадь сечения твердых частиц (скелета) грунта м²; i – гидравлический уклон грунтового потока, б/р.

В результате строительства дороги уменьшается количество пор ($\omega_{п}$) подстилающего грунта, а также и коэффициент фильтрации (i).

Следовательно, для пропуска расхода грунтовых вод необходимо увеличение уклона (поднятие уровня). Это приводит к заболачиванию территории перед автомобильной дорогой (выход грунтового потока на поверхность земли).

В обычных условиях коэффициент поверхностного и подземного стоков примерно одинаковый и составляют $K = 0,3$. Воздействия строящейся дороги на подстилающие и фильтрующие грунты приводит к увеличению поверхностного стока за счет уменьшения подземного. Их соотношение зависит от мощности водоносного слоя и высоты насыпи автомобильной дороги. Кроме этого, будет наблюдаться капиллярное поднятие воды в теле насыпи автомобильной дороги. Этот процесс вызывает уменьшение несущей способности основания дорожной насыпи (выпучивание грунта).

А. В. ПАШКЕВИЧ, С. А. ФРОЛОВ

Научный руководитель Д. Ю. МАКАЦАРИЯ, канд. техн. наук, доц.
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
Могилев, Беларусь

Брестская область имеет достаточно широкую сеть автомобильных дорог, общей протяженностью 15678 км, что составляет 14,5 % от протяженности сети автомобильных дорог Республики Беларусь. Большинство участков автомобильных дорог Брестской области имеют асфальтобетонное дорожное покрытие, общей протяженностью 13254 км, что составляет 85 %.

К сожалению, проблема износа асфальтобетонного покрытия особенно при возникновении дорожных дефектов встречается довольно часто на территории Брестской области.

Анализ эксплуатационного состояния участков автомобильных дорог региона показал, что основными причинами возникновения дефектов являются: недостаточное уплотнение основания под дорожное покрытие, качество материала, используемого для конструкции верхнего слоя дорожного покрытия и его укладка, соблюдение оптимальных температурных режимов. При эксплуатации полученного участка автомобильной дороги не его покрытию достаточно интенсивно появляются выбоины, сдвиги, волны.

В сложившихся условиях дорожного движения наблюдается рост дорожной аварийности. Так, на территории Брестской области, только за последние два года пострадало свыше 150 человек. Это участники дорожно-транспортных происшествий, включая велосипедистов и пешеходов. Кроме этого, только в текущем году на территории Брестской области пострадало двое дорожных рабочих при проведении ремонтных работ.

Сложившаяся ситуация требует внедрения и реализации новых подходов в организации производства работ при ремонте автомобильных дорог по Брестской области, основанных на формировании оптимальных комплектов машин. Правильное решение для организации производства работ и выбор современной техники являются неотъемлемой частью снижения количества дорожно-транспортных происшествий, а также потраченных средств и времени на проведение восстановительных работ. Кроме этого, современные комплекты машин удовлетворяют не только требованиям безопасности, но и обеспечивают экономичность и экологичность при их проведении дорожных работ.

С. В. СИНІЙ, И. Г. ТКАЧЕНКО, Р. Б. ГЕВКО

Луцкий национальный технический университет
Тернопольский национальный технический университет им. И. Пулюя
Тернопольский национальный экономический университет
Луцк, Тернополь, Украина

Для повышения качества работы корнеуборочных машин необходимо определение оптимальных конструктивно-кинематических параметров рабочих органов, а также выбор такой схемы компоновки машины, в которой адаптированные рабочие органы при максимально возможном сепарирующем эффекте минимально повреждают корнеклубнеплоды.

Результаты испытаний корнеуборочных и картофелеуборочных машин, разработанных в соответствии с вышеупомянутыми принципами, изложены в работах [1, 2]. Теоретическим и экспериментальным исследованиям одного из перспективных способов интенсификации сепарации вороха на прутковых транспортерах посвящена работа [3].

В конструкциях машин для уборки корнеклубнеплодов целесообразно применять транспортно-очистительные рабочие органы, которые обеспечивают постепенное снижение интенсивности процесса сепарации вороха по мере его продвижения от зоны выкапывания к зоне выгрузки, поскольку количество вороха, извлеченного выкапывающими рабочими органами из грунта, в процессе сепарации постепенно уменьшается, что повышает вероятность непосредственного контакта корнеклубнеплодов с поверхностями сепарирующих рабочих органов и влечет за собой их излишнее повреждение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Hevko, R. B.** Development of design and investigation of operation processes of small-scale root crop and potato harvesters / R. B. Hevko, I. G. Tkachenko, S. V. Synii, I. V. Flonts // INMATEH: Agricultural engineering. – 2016. – Vol. 19, No. 2. – Pg. 53–60.
2. **Синій, С. В.** Новий малогабаритний комбайн для збирання картоплі / С. В. Синій, Р. Б. Гевко, В. М. Осуховський // Вісник Інженерної академії України. – Київ, 2012. – № 3–4. – С. 72–76.
3. **Hevko, R.** Advances in methods of cleaning root crops / R. Hevko, R. Brukhanskyi, I. Flonts, S. Synii; O. Klendii // Bulletin of Transilvania University of Brasov Series II. – 2018. – Vol. 11(60). – Pg. 127–138.

А. С. ШАНТЫКО

Научный руководитель Д. А. ДУБОВИК, д-р техн. наук, доц.
ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

К схеме привода ведущих колес мобильного энергетического средства (МЭС) предъявляются противоречивые требования [1]. С одной стороны, схема привода должна обеспечивать удовлетворительную управляемость и высокие скоростные свойства при движении по дорогам общего пользования и не вызывать затруднений при маневрировании на междворе и движении на разворотных полосах при выполнении полевых работ. С другой стороны, она должна гарантировать подвижность и высокие тяговые свойства при движении по бездорожью в различных погодных условиях.

Для обоснования схемы привода ведущих колес МЭС на основе уравнений движения мобильной машины в форме Аппеля [2] составлена математическая модель криволинейного движения колесной машины с передним управляемым мостом, произвольной колесной формулой и массо-геометрическими параметрами, близкими к параметрам МЭС производства ОАО «Гомсельмаш». Выполнены расчетные исследования и определены зависимости КПД ходовой системы [3] и показателя управляемости [4] от угла поворота внутреннего колеса управляемого моста.

В результате анализа полученных зависимостей обоснована полноприводная схема привода ведущих колес с межосевым блокированным приводом и межколесными симметричными дифференциалами с управляемой блокировкой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дубовик, Д. А. Повышение проходимости внедорожной машины посредством рационального привода колес управляемых мостов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Минск : 2003. – 20 с.
2. Высоцкий, М. С. Математическое моделирование криволинейного движения колесных машин / М. С. Высоцкий, Д. А. Дубовик // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2008. – № 2. – С. 6–15.
3. Высоцкий, М. С. Коэффициент полезного действия ходовых систем колесных машин / М. С. Высоцкий, Д. А. Дубовик // Докл. НАН Беларуси. – 2007. – Т. 51, № 2. – С. 91–94
4. Дубовик, Д. А. Кинематическая оценка управляемости колесных машин / Д. А. Дубовик // Вестн. машиностроения. – 2007. – № 8. – С. 19–23.

М. А. МУХАМЕДБАЕВА

Научный руководитель А. А. МУХАМЕДБАЕВ, канд. техн. наук, доц.
Ташкентский химико-технологический институт
Ташкент, Республика Узбекистан

Известны заводы и технологические схемы по производству цемента и других строительных материалов, состоящих из ряда последовательно расположенных по функциональности установок и соединяющих транспортирующих устройств [1]. Общим недостатком указанных заводов и технологических схем является большой объем производства, который не позволяет быстро реагировать на спрос возводимых строительных объектов по ассортименту и качеству потребляемого цемента.

Кроме того, мини-технологические линии по производству цемента направлены на удовлетворение локального дефицита цемента в конкретном регионе, городе или непосредственно на стройплощадках, где имеет смысл организовать небольшое производство.

С другой стороны, тонкомолотый готовый цемент при длительном хранении быстро адсорбирует влагу с воздуха и таким образом зерна цемента комкообразуются и теряет свою прочность. Потеря прочности цементов при хранении в течение одного года в естественных условиях составляет до 70 % первоначальной [2].

Мини-технологические линии по производству цемента можно устанавливать вблизи стройки и не тратить средства на транспортировку и хранение цемента на стройплощадках. Выгода строительной компании прослеживается не только в снижении себестоимости, но и в снижении цены цемента при использовании местных минеральных добавок к цементу.

Преимущества использования мини-технологических линий по производству цемента в строительстве следующие: возможность установки на небольшой площадке; возможны варианты мобильных помольных установок на транспорте; возможность варьирования ассортиментом и качеством получаемого продукта и т. д.

Недостатком является низкая производительность по сравнению с крупным заводом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бутт, Ю. М. Химическая технология вяжущих материалов / Ю. М. Бутт, М. М. Сычев, В. В. Тимашев. – Москва : Высшая школа, 1980. – 472 с.
2. Ильина, Л. В. Влияние продолжительности и условий хранения портландцемента на его свойства / Л. В. Ильина, Г. И. Бердов, А. В. Мельников / Известия вузов. Строительство. – 2010. – № 6. – С. 19–23.

УДК 625.8
ЭФФЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ РЕМОНТА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ
И СНИЖЕНИЯ ДОРОЖНОЙ АВАРИЙНОСТИ

Д. Ю. МАКАЦАРИЯ, В. В. КУТУЗОВ
УО «Могилевский институт МВД Республики Беларусь»
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
Могилев, Беларусь

Автомобильная дорога может считаться безопасной только в случае безаварийного движения транспортных средств. На безопасность дорожного движения влияет множество факторов, а также их сочетаний, начиная от типа автомобильной дороги и ее конструкции, и заканчивая текущим эксплуатационным состоянием. В складывающейся обстановке на участках автомобильных дорог возникают деформации, дефекты и разрушения. При этом подвергаются преждевременному износу элементы конструкции движущегося автомобиля и могут возникнуть аварии.

Снижение дорожной аварийности является актуальным направлением повышения безопасности дорожного движения. Решение данных проблем во многом определяется качеством автомобильных дорог. Одним из направлений повышения качества асфальтобетонного дорожного покрытия является его ремонт. Однако эффективность проведения ремонтных работ будет отличаться при использовании различных технологий, комплектов и комплексов строительных и дорожных машин. Технологии проведения ямочного ремонта весьма не эффективны, т.к. обеспечивают требуемые показатели дорожного покрытия лишь на короткий срок.

Для обеспечения снижения дорожной аварийности должны использоваться технологии полного восстановления работоспособности асфальтобетонного дорожного покрытия. При этом выбор способа ремонта автомобильных дорог, с целью снижения дорожной аварийности, должен основываться на оценке экономической эффективности используемых комплектов машин. Реализация современных технологий ремонта автомобильных дорог комплектом машин, сформированным на основе устаревшей техники, является не эффективной за счет роста затрат на эксплуатацию машин, а также не позволяет обеспечить безаварийные условия дорожного движения на протяжении запланированного срока эксплуатации. Только осуществление выбора машин и механизмов для формирования комплекта машин по ремонту асфальтобетонного дорожного покрытия на основе оценки экономической эффективности каждой эксплуатируемой машины позволит реализовать эффективный способ ремонта автомобильных дорог и снизить дорожную аварийность.

УДК 620.193.4
КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ ПАССИВИРОВАННЫХ В РАСТВОРАХ
МОЛИБДАТА И ВАНАДАТА НАТРИЯ ЦИНКОВЫХ ПОКРЫТИЙ

Н. Е. АКУЛИЧ
Научный руководитель И. М. ЖАРСКИЙ, канд. хим. наук, проф.
УО «Белорусский государственный технологический университет»
Минск, Беларусь

Повышение коррозионной стойкости цинковых покрытий с использованием растворов пассивации, не содержащих соединений как шестивалентного, так и трехвалентного хрома, до сих пор остается актуальной задачей в гальванотехнике. Ускоренные коррозионные испытания в камере соляного тумана позволяют сделать заключение о практическом использовании пассивированных оцинкованных стальных изделий.

В качестве исходных образцов использованы стальные пластины размером 5×10 см с цинковым покрытием, полученным на ОАО «МАЗ» из щелочного электролита цинкования. Конверсионные покрытия на оцинкованных образцах получали химическим и электрохимическим способами из растворов пассивации на основе молибдата или ванадата натрия.

Для заключительной финишной обработки пассивированных образцов использовали раствор Corrosil Plus 501, разработанный фирмой ООО «Atotech-Chemeta» и используемый на предприятиях Республики Беларусь.

Коррозионные испытания проводили в камере соляного тумана ASCOTT S120iS с непрерывным распылением раствора хлористого натрия с концентрацией 50±5 г/дм³ при температуре 35±2 °С, pH раствора 7,03. Полученные экспериментальные результаты представлены в табл. 1.

Табл. 1. Результаты коррозионных испытаний пассивированных цинковых покрытий

Состав раствора и условия пассивации цинковых покрытий	Время появления белой коррозии на цинке, ч
0,5 М Na ₂ MoO ₄ ; 20°С; 4 мин	92
0,5 М Na ₂ MoO ₄ ; 20°С; 0,3 А/дм ² ; 1 мин	104
0,045 М Na ₃ VO ₄ ; 20°С; 4 мин	114

Таким образом, пассивация цинка в растворах молибдата и ванадата натрия не уступает химической пассивации в растворах трехвалентного хрома (ООО «Atotech-Chemeta»), для которой время появления очагов белой коррозии цинка составляет 96–120 ч, и может быть рекомендована для последующей обработки цинковых покрытий на ОАО «МАЗ» и других предприятиях Республики Беларусь.

И. А. АЛИМОВ

Научный руководитель А. В. КАСИМЦЕВ, д-р техн. наук, проф.
ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»
Тула, Россия

Цель работы – изучение зеренной структуры сплавов Ti-22Nb-6Ta и Ti-22Nb-6Zr (% ат.) (TiNbTa, TiNbZr), формирующейся после прессования и вакуумного спекания порошков. Порошки получали гидридно-кальциевым методом [1]. Консолидацию материалов осуществляли гидростатическим прессованием и вакуумным спеканием 1600 °С. Структуру исследовали на микроскопе «Axio Observer D1.m» фирмы Zeiss. Структуру выявляли методом полирования в водном растворе HF состава 1HF + 10H₂O объемных частей.

На рис. 1 показаны выявленные микроstructures исследуемых сплавов. Зерна имеют полиэдрическую форму. Все тройные стыки зерен образуют угол разориентировки приблизительно 120°. Средний размер зерна для сплава TiNbTa составляет 15,5±0,9 мкм, для TiNbZr 21,2±1,2 мкм. В компактных сплавах присутствует пористость.

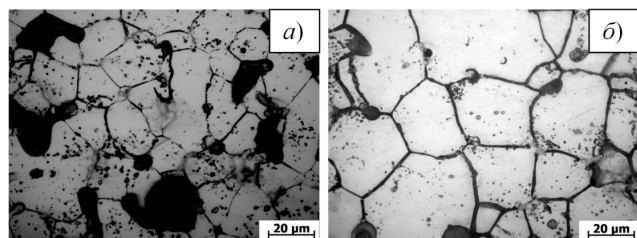


Рис. 1. Микроstructures образцов TiNbTa (а) и TiNbZr (б) после спекания

После спекания 1600 °С сплавы TiNbTa и TiNbZr имеют пористость 17 и 8 % соответственно. Зеренная структура характеризуется правильным рекристаллизованным строением.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект №16-43-710688 p_a).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гидридно-кальциевый синтез порошков сплавов на основе системы Ti-Nb / А. В. Касимцев [и др.] // *Металлы*. – 2017. – № 5. – С. 52–63.

Н. В. ЛОБИКОВА

Научные руководители А. В. ЩУР, д-р биол. наук, доц.;

О. М. ЛОБИКОВА

ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»

Могилев, Беларусь

В современном строительстве одной из важнейших задач является обеспечение качественной теплозащиты зданий, надежной и обеспечивающей максимальное энергосбережение [1].

Цель исследования состоит в определении наиболее дешевых и прочных и наименее трудоемких конструкций стен одинаковой теплопроводности путем проведения сравнительного анализа [2].

Были оценены конструкции стен с использованием кирпича, пенобетона, полистиролобетона, керамзитобетона, самана, геокара, соломенных блоков, арболита, фибrolита, а также каркасных деревянных стен. Анализ производился по стоимости возведения 1 м² стен [3]. Так же были оценены трудозатраты на возведение 1 м² стен и произведена оценка конструкций исходя из соотношения их прочности и стоимости.

В соответствии с полученными результатами можно заключить, что наиболее оптимальными решениями являются каркасные стены и кирпичные стены. Самановые стены несмотря на высокие характеризующие их показатели не могут считаться выгодным решением из-за низкой устойчивости к влаге и подверженности грызунам. Однако при отсутствии данных отрицательных факторов они также могут вполне успешно использоваться. Несмотря на то, что по совокупности показателей соломенные стены и стены с использованием фибrolита несколько уступают выше описанным, они также являются высоко эффективными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Щур, А. В. Направления снижения зависимости от традиционных источников теплоснабжения в Республике Беларусь / А. В. Щур, Н. В. Лобикова, О. М. Лобикова // *Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий* : материалы междунар. науч.-практ. конф. – Рязань : Рязанский гос. агротехнологич. ун-т, 2018. – Ч. 2. – С. 446–452.

2. Лобикова, О. М. Внедрение системы энергетического менеджмента в жилищно-коммунальном хозяйстве / О. М. Лобикова, Н. В. Лобикова // *Экономика России* : реалии и перспективы развития : материалы междунар. науч. конф. молодых ученых и преподавателей вузов. – Краснодар: КубГАУ, 2018. – С. 405–410.

3. Лобикова, О. М. Повышение энергоэффективности зданий как фактор повышения конкурентоспособности / О. М. Лобикова, Н. В. Лобикова // *Перспективы взаимодействия науки и реального сектора экономики* : материалы V Всероссийской науч.-практ. конф. – Чита : ЗИП СибУПК, 2018. – С. 107–113.

УДК 697.7
МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ИННОВАЦИОННЫХ СИСТЕМ
ОТОПЛЕНИЯ В ЖИЛОМ ДОМЕ

Н. В. ЛОБИКОВА

Научные руководители С. Д. ГАЛЮЖИН, канд. техн. наук, доц.;

О. М. ЛОБИКОВА

ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»

Могилев, Беларусь

Одним из направлений сокращения потребления энергии в жилищном строительстве является выбор инновационных систем отопления на основе возобновляемых источников энергии. Авторами разработана методика оценки целесообразности их применения.

На первом этапе выявлены имеющиеся традиционные и потенциально-возможные инновационные технологии отопления жилого дома, учитываются технические, организационно-правовые, финансово-экономические, экологические, социальные группы факторов. На втором этапе произведена качественная и количественная оценка факторов. Для качественной оценки влияния каждой группы факторов применяли экспертный метод. Количественная оценка определялась как сумма совокупной экономии на всех этапах реализации проекта, а также экологического и социального эффектов [1]. При определении эффекта от внедрения инновационной системы отопления выбран период планирования 10 лет и оценены все доходы и расходы. При этом осуществлялось дисконтирование денежных потоков. На четвертом этапе произведена оценка рисков применения систем отопления жилых домов, соответствующих всем этапам жизненного цикла проекта и разработан перечень антирисковых мероприятий [2]. Разработанная методика позволяет минимизировать экономические издержки на протяжении жизненного цикла проекта, уменьшить нагрузку на окружающую среду и снизить риски.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Экологическая целесообразность применения тепловых насосов для отопления индивидуальных жилых домов в Беларуси / Н. В. Лобикова [и др.] // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2018. – № 2 (59). – С. 33–43.

2. Лобикова, Н. В. Управление рисками при реконструкции жилых домов с учетом современных требований энергоэффективности: проблемы и практика решения / Н. В. Лобикова, О. М. Лобикова // Общество. Экономика. Культура: актуальные проблемы, практика решения : сб. науч. ст. VIII междунар. науч. практ. конф., Барнаул, 11 апр. 2018 г. – Санкт-Петербург : Изд-во Санкт-Петербургского ун-та технологий управления и экономики, 2018. – С. 160–165.

УДК 678.5
ВЛИЯНИЕ ПОЛИНЕНАСЫЩЕННЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА
ПЕРОКСИДНУЮ ВУЛКАНИЗАЦИЮ СМЕСИ ПОЛИПРОПИЛЕНА И
ГИДРИРОВАННОГО БЛОК-СОПОЛИМЕРА
СТИРОЛ-БУТАДИЕН-СТИРОЛ

А. Р. АХМЕТОВ

Научный руководитель А. Е. ЗАЙКИН, д-р техн. наук, проф.

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет»

Казань, Россия

Термоэластопласты (ТЭП) на основе смесей тройных блок-сополимеров стирол-бутадиен-стирол (СБС) с олефинами и различными термопластами находят широкое применение из-за высоких механических свойств и доступности. Особенно большой интерес вызывают ТЭП на основе смеси гидрированного СБС (ГСБС) с полипропиленом (ПП), благодаря химической инертности и высокой стойкости к окислению и УФ-излучению. Однако эти ТЭПы существенно уступают резинам по ряду показателей:

- высокая относительная остаточная деформация при сжатии (ОДС);
- ползучесть при высоких температурах;
- низкая стойкость к углеводородам.

Анализируя результаты ученых, логично считать возможным улучшение свойств смеси ГСБС и ПП путем динамической вулканизации. Целью исследования являлось изучение влияния динамической вулканизации на свойства и структуру смеси ГСБС и ПП.

Вулканизацию смеси ГСБС и ПП проводили в процессе смешения в лабораторном смесителе фирмы Брабендер при 170 °С и 150 об/мин под действием перекисных радикалов 2,5-диметил-2,5-бис (терт-бутилперокси) гексана и соагентов вулканизации. В качестве соагентов использовали полифункциональные мономеры с двойными связями: триаллилицианурат (ТАЦ), триаллилизотицианурат (ТАИЦ) и диметакрилат триэтиленгликоля (ТГМ).

Показано, что пероксидная вулканизация без соагентов неэффективна, в процессе нее вулканизуется фаза ГСБС и сильно разрушает фаза ПП, в результате значительно падают прочность (σ), удлинение (ϵ) и растет ОДС смеси ПП с ГСБС. Дополнительное введение небольших количеств соагентов повышает σ и ϵ и снижает ОДС получаемого ТПВ. ТАЦ и ТАИЦ в большей степени снижают ОДС, а ТГМ значительно повышают прочность. Изучены изменения на молекулярном уровне ПП, образуемые сетки фазы ГСБС, структура ТПВ при вулканизации, которые хорошо коррелируют с изменениями макросвойств исследуемых смесей.

Б. Б. БАТЫРОВ, М. И. ИСКАНДАРОВА, Г. Б. БЕГЖАНОВА,
Н. А. МИРОНЮК
Институт общей и неорганической химии АН РУз
Ташкент, Узбекистан

В работе представлены результаты исследований по определению возможности комплексного использования отходов керамического производства в цементной промышленности в качестве алюмосиликатного компонента и активной минеральной добавки в цемент. Минералогический состав керамических отходов выгодно отличается от минералогического состава природных глинистых компонентов, поскольку в нем присутствуют активные алюмосиликаты кальция и другие минералы, образовавшиеся в процессе первичного обжига керамических масс на изделия. Эффективность их использования при производстве клинкера определяется тем, что кремнезем и глинозем в их составе находятся в высокорекреационном состоянии и в процессе обжига сырьевой смеси интенсивно вступают в химическое взаимодействие со свободным оксидом кальция, что способствует ускорению образования клинкерных минералов при меньших затратах тепла, а при их использовании в качестве активной минеральной добавки в цемент ускоряется процесс поглощения гидроксидов кальция, образования гидросульфалюминатных структур, и, следовательно, формирование искусственного конгломерата в процессе твердения цементной дисперсии.

При равной растекаемости (58–60 мм) шламов с использованием боя керамического производства и лесса в качестве алюмосиликатных компонентов показатели тонкости их измельчения (по остатку на сите № 02 1,70–1,90 %) и фактическая влажность шламов (41,35–41,75 %) имеет близкие значения. Реакционная способность шлама с керамическим боем выше, чем шлама с использованием лесса. Процессы клинкерообразования при их обжиге завершаются в температурном интервале 1400–1420 °С. Повышенная реакционная способность шлама с боем керамического производства говорит о потенциальной возможности повышения производительности клинкерообжигательных печей и снижения расхода топлива на обжиг клинкера. При обжиге шламов при указанных температурах синтезированы клинкеры, по химико-минералогическому составу соответствующие к заданным расчетным значениям. На основе опытных клинкеров получены общестроительные цементы, по физико-механическим свойствам соответствующие требованиям ГОСТ 10178-85 и имеющие активность 40,1–41,8 МПа, что превышает показатель 39,2 МПа для марки цемента «400». Данная технология внедрена на АО «Ахангаранцемент».

В. В. КУТУЗОВ, Н. В. СУХОВАРОВА
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
Могилев, Беларусь

Перспективной сферой в развитии транспортных теорий является моделирование передвижения транспорта в режиме реального времени. При рассмотрении вопросов повышения эффективности дорожного движения и его организации актуальной проблемой является возможность прогнозирования распределения потоков транспорта в режиме on-line. Эффективность обуславливается точным и своевременным реагированием системы, развитием интеллекта системы, при различных изменениях условий движения на дорогах. Такая развитая интеллектуальная система для управления на дорогах представляет собой сложную, совокупную задачу, построенную на создании и применении моделей дорожного движения, по данным которой выполняется оценка и прогноз состояния транспортного потока. В практических целях для реализации таких систем используются специализированные программные продукты, например, PTV VISSIM, AnyLogic, MATSim и многие другие. Эти программы создают условия для применения интеллектуальных транспортных систем, при управлении потоками транспорта в реальном времени с использованием данных, поступающих с разных частей города.

Эти системы включают в себя способы сбора и изучения данных о дорожной обстановке и транспортных единицах, такие как: адаптивные светофоры; детекторы потока транспорта; приборы фиксации нарушений ПДД в автоматическом режиме; системы GPS навигации; средства для оплаты проезда в безостановочном режиме; различные табло с отображением информации; способы управления освещением в автоматическом режиме; другие входящие в систему объекты.

Чаще всего, составные части интеллектуальных транспортных систем базируются на единой платформе. Имея прибор для on-line определения параметров передвижения единиц транспорта по дорожной сети, представляется возможным рассчитать задержку транспорта при различных способах организации подъездов к перекрестку, определять целесообразность введения или отмены светофорного регулирования при той или иной схеме организации движения, настроить наиболее оптимальные временные параметры работы светофоров с минимальной задержкой реагирования на любые скачки интенсивности движения единиц транспорта по различным направлениям, просчитать наиболее подходящие маршруты для различных средств транспорта.

В. В. КУТУЗОВ, В. В. ДИВАКОВ
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
Могилев, Беларусь

Цифровое BIM моделирование имеет ряд преимуществ и положительных качеств при использовании перед обычными средствами проектирования. Важным отличительным признаком BIM технологии является то, что каждый элемент модели несет в себе информацию о всех физических свойствах реального объекта. Что в свою очередь выделяет ключевую особенность нового подхода к проектированию, изменения, связанные с каким-либо из параметров информационной модели, автоматически перестраивают зависимые элементы отражая это на всех этапах и стадиях. Также стоит отметить исключение коллизий на стадии проектирования, влияющее на исключение дополнительных расходов связанных с устранением ошибок на стадии возведения, сокращение сроков разработки проектно-сметной документации, сокращение сроков строительства, увеличение времени эксплуатации объекта строительства за счет своевременной оценки состояния, и наконец прозрачность обработки и выполнения процессов на всех этапах. Все это дает возможность оптимизировать и повысить качество выполняемых работ по проектированию, возведению, снизить стоимость выполнения СМР, а также исключить неоправданные расходы на стадии эксплуатации и, что является немаловажным, добавить творчества в работу проектировщика. Сегодня строительная отрасль нуждается в концептуальном решении по внедрению повсеместного использования инновационных процессов и технологий несмотря на финансовые и временные затраты на обучение людей, приобретение ПО, выполнение пилотных проектов и т. д. Чем более комплексным будет подход по внедрению, тем более быстро и ощутимо выполнены ранее затраты начнут себя окупать в десятки раз за счет сокращения времени проектирования и строительства, повышения качества и уменьшения стоимости. Внедрение BIM требует изменения регулирования всех процессов, если этого не произойдет, отрасль затянется в стогнацию, пагубно влияющую на всю экономику страны. Интенсификация какого-то одного направления не даст ощутимых результатов, необходим комплексный подход к техническому, методологическому и кадровому вопросу.

Ю. А. БОЖКО, К. А. ЛАПУНОВА
Научный руководитель В. Д. КОТЛЯР, д-р техн. наук, проф.
ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»
Ростов-на-Дону, Россия

Недостаток качественного глинистого сырья для керамической промышленности многих стран является острой проблемой, т. к. разведанные месторождения глинистого сырья имеют небольшую мощность залегания и непостоянный состав [1]. Решение данной проблемы мы видим в использовании кремнистых опоковидных пород в качестве основы для изделий стеновой керамики. Месторождения данных пород широко распространены во многих регионах России: в Поволжье, на юге и Кавказе, в средней полосе и на Урале. Несмотря на широкую распространенность, опоковидные породы и их керамические свойства мало изучены.

Для создания микропористой керамики необходимо установить минералогический состав и наноструктуру опаловых опоковидных пород различных литологических разновидностей, установить зависимость влияния температуры на превращение опалового кремнезема опок в кристобалит, а также определить влияние минеральных добавок на свойства микропористых материалов на основе кремнистых пород. Опоковидные породы имеют микропористую структуру, поэтому средняя плотность у них низкая. При изучении дообжиговых свойств установлено, что опоковидные породы не чувствительны к сушке и имеют невысокую воздушную усадку, а также повышенную формовочную влажность, низкую или умеренную пластичность. Дообжиговые свойства в большей степени определяются степенью измельчения, ведь чем тоньше они измельчены, тем выше пластичность формовочной массы, больше воздушная усадка и лучше формуемость [2]. Таким образом, опоковидные имеют большие перспективы для создания инновационных стеновых материалов на их основе. Необходимо более тщательное изучение их свойств и подбор оптимальной технологии производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Божко, Ю. А. Особенности спекаемости опоковидных пород при производстве изделий стеновой керамики / Ю. А. Божко, К. А. Лапунова // Вестн. ТГАСУ. – 2018. – № 1. – С. 160–167.
2. Лапунова, К. А. Особенности процесса прессования порошков на основе опоковидного сырья / К. А. Лапунова, Ю. А. Божко // Вестн. КРСУ. – 2018. – № 4. – С. 85–88.

УДК 621.763

ЭПОКСИКОМПОЗИТНЫЕ СИСТЕМЫ С ПРОГНОЗИРУЕМЫМИ СВОЙСТВАМИ

И. В. БОЯРСКАЯ, *А. В. УЛЬ, Ю. А. МЕЛЬНИК, Н. П. ЗАЙЧУК
Луцкий национальный технический университет
*Восточноевропейский национальный университет им. Л. Украинки
Луцк, Украина

Систематизированы исследования по улучшению эксплуатационных свойств модифицированных ЭКМ-систем, учитывая специфику их формирования. На примере смолы ЭД-20, отвердителя ПЕПА, модификаторов и комплекса функциональных наполнителей обоснованы пути управления трибологическими свойствами ЭКМ. Исследования [1] показали, что активное тепловое воздействие при структуризации ЭКМ-систем в зоне максимально допустимых для эпоксидной компоненты температур способствует стабилизации функционирования трибосистемы, в частности, при интенсификации процесса трения. Зафиксировано повышение термостойкости ЭКМ, поскольку присутствующие в композиции модификаторы играют функцию поверхностных барьеров, замедляя процессы термоокислительной деструкции. Разработанные ЭКМ-системы работоспособны в условиях сухого трения при значении критерия $Pv \leq 3$ МПа·м/с. При оптимальных условиях фрикционной нагрузки на поверхности контртела формируется пленка переноса со стабильной морфологией и отличительными от контактирующих материалов свойствами, что подтверждается методами ДТА и ИК-анализа, фрактографическими исследованиями.

Проанализированы методы регулирования трибологических свойств ЭКМ при использовании различного качественного и количественного состава модификаторов и наполнителей, а также при применении термического и физического модифицирования показаны основные варианты управления процессами структурирования разработанных полимерных композитов, которые в конечном итоге трансформируются в их свойствах. Разработаны предложения по использованию созданных материалов триботехнического назначения в условиях эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боярська, І. В. До питання про структурування епоксидних композитів у фізичних полях / І. В. Боярська, П. П. Савчук, В. П. Кашицький // Науковий вісник ХДМА. – 2011. – №2 (5). – С. 184–190.

УДК 693.55

РАЗДЕЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ САМОУПЛОТНЯЮЩЕГОСЯ БЕТОНА

Л. Н. КСЕНШКЕВИЧ
Научные руководители И. В. БАРАБАШ, д-р техн. наук, проф. ;
*П. О. СУНАК
Одесская государственная академия строительства и архитектуры,
*Луцкий национальный технический университет
Одесса, Луцк, Украина

Предлагаемая технология позволяет эффективно управлять вязкостью цементоводных композиций, обеспечивающих, в основном, подвижность бетонных смесей. Отдельное приготовление цементоводной композиции в скоростном смесителе с последующим ее смешиванием с заполнителем в простом бетоносмесителе в корне изменяет приоритеты технологии производства бетонной смеси. Обосновывается возможность такой раздельной технологии оптимизирование режимов скоростного смешивания и отдельное приготовление высококонцентрированных цементосодержащих суспензий в условиях интенсивных гидродинамических воздействий.

Особое внимание уделяется изучению влияния содержания суперпластификатора поликарбоксилатного типа Релаксол-Супер ПК, микрокремнезема и полипропиленовой фибры на эффективную вязкость цементосодержащей суспензии. Приведен сравнительный анализ влияния входных рецептурных факторов на ее значение. Установлено, что механоактивация цементосодержащей суспензии в присутствии Релаксол-Супер ПК приводит к предельному разрушению ее начальной структуры, что необходимо для равномерного распределения микрокремнезема и полипропиленовой фибры в объеме.

Выявлено влияние рецептурных факторов на механические характеристики СУБ за результатами 3-х факторного эксперимента с уровнями варьирования факторов (содержание в вяжущем): $X_1 = 0,5 \pm 0,5$ % – полипропиленового волокна; $X_2 = 5 \pm 5$ % – микрокремнезема; $X_3 = 1,0 \pm 0,5$ % – Релаксол-Супер ПК.

Показано, что интенсивная раздельная технология изготовления самоуплотняющихся бетонных смесей обеспечивает получение СУБ с прочностью при сжатии в 28-и дневном возрасте не менее 55 МПа и улучшает его характеристики истираемости и ударной прочности.

Е. Н. КРАНТОВСКАЯ, Н. Н. ПЕТРОВ, *А. В. УЛЬ, **Б. О. ПАРАСЮК

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

*Восточноевропейский национальный университет им. Леси Украинки

**Луцкий национальный технический университет

Одесса, Луцк, Украина

Исследовались прогибы опытных образцов неразрезных железобетонных балок в шести точках: посередине пролетов, под сосредоточенными грузами, на свободных концах балки, над опорами. Появление первых нормальных трещин, а затем и наклонных в пролете среза сопровождалось скачкообразным увеличением прогибов. Последующее увеличение прогибов не пропорционально увеличению внешней нагрузки. По мере истощения несущей способности балки прогибы существенно увеличивались, даже при небольшом приросте внешней нагрузки. Это обусловлено: нелинейными деформациями сжатого бетона при большом проценте продольного армирования или растянутой арматуры при небольшом ее количестве; деформациями сдвига в пролете среза, от совместного действия изгибающего момента M и поперечной силы Q . Адекватные матмодели прогибов перед разрушением (при $\Sigma F \approx 0,95\Sigma F_u$):

$$Yf_{np}^{0,95F_u} = 1,35 + 1,71X_1 + 0,99X_1^2 - 0,07X_2^2 - 0,04X_4^2 + 0,13X_2X_3 + 0,126X_4X_5, \text{мм},$$

$$\Sigma = 0,139; \sigma = 0,073; \nu = 5,4 \%; \quad (1)$$

$$Yf_{np}^{0,95F_u} = 3,02 + 0,41X_1 + 0,084X_4 + 1,01X_1^2 - 0,19X_5^2 + 0,08X_2X_3 + 0,15X_4X_5, \text{мм},$$

$$\Sigma = 0,770; \sigma = 0,172; \nu = 5,7 \%, \quad (2)$$

где кодируемые исследуемые факторы: X_1 – относительный пролет среза; X_2 – класс бетона; X_3, X_4, X_5 – количество, соответственно, поперечного, продольного нижнего и верхнего армирования.

Из анализа зависимостей (1, 2) видно, что наибольшее влияние на величину прогибов под сосредоточенными грузами оказывает относительный пролет среза (X_1). С его увеличением прогибы возрастают и перед разрушением в балках с большими пролетами среза, в среднем, на 15 % превышают прогибы посередине балки. Причиной этого является то, что высота сжатой зоны бетона под сосредоточенными грузами при больших пролетах среза значительно меньше, чем посередине пролета.

Эксперименты подтвердили важность учета деформаций сдвига на приопорных участках при определении прогибов железобетонных элементов: их вклад составляет 25–30 % от суммарных прогибов балки.

С. С. ВОЛОДЬКО

Научный руководитель Г. В. МАРКОВА, д-р техн. наук, проф.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»

Тула, Россия

Сплавы памяти формы (СПФ) на основе TiNi активно применяются в качестве конструкционных материалов, для которых уровень механических свойств является определяющим. Прогрессивными в отношении получения гомогенных заготовок TiNi оказались различные варианты порошковой металлургии (ПМ). Основными этапами получения компактной заготовки в ПМ являются прессование и вакуумное спекание порошка. После спекания заготовка имеет низкий комплекс механических свойств, поэтому необходимо проводить термомеханическую обработку.

Порошок интерметаллида TiNi изготовлен технологией гидридно-кальциевого синтеза. Исходная заготовка получена консолидацией порошка посредством гидростатического прессования при давлении 200 МПа и дальнейшего вакуумного спекания (глубина вакуума 10^{-5} мм рт. ст.). Деформация осуществлялась посредством поперечно-винтовой прокатки (ПВП) при температуре 1000 и 900 °С с деформацией $\epsilon = 0,8$ и 1,4 соответственно. Измерение механических свойств осуществлялось на разрывной машине Instron 5581. Испытания на растяжение проводили по ГОСТ 1497-84 на стандартных образцах. Все образцы изготовлены электроэрозионным резанием с последующей обработкой лезвийным инструментом.

В табл. 1 показано, как влияют режимы ПВП на предел текучести и относительное удлинение порошкового сплава TiNi.

Табл. 1. Влияние режимов ПВП на механические свойства TiNi

Температура деформации, °С	Истинная деформация	Предел текучести, МПа	Относительное удлинение, %
(спекание)	0	484	3,6
1000	0,8	814	5,3
900	1,4	808	11,4

ПВП ($\epsilon = 1,4$) приводит к увеличению прочностных и пластических характеристик в ~ 3 раза по сравнению со спеченным состоянием. Увеличение степени деформации и снижение температуры деформации позволяет повысить относительное удлинение в ~ 2 раза при одной и той же величине предела текучести.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 17-03-00360 А.

УДК 669.71
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛАТУНИ Л63 ПРИ
РКУП С ИНТЕНСИВНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ

И. Е. ВОЛОКИТИНА, Г. А. ГАЙДАРЕНКО
Карагандинский государственный индустриальный университет
Темиртау, Казахстан

Задача получения готовых металлических изделий высокой прочности является одной из основных для металлургов и машиностроителей. На данный момент ведется поиск новых путей обработки металлов с целью дальнейшего снижения размеров кристаллитов и достижения наноразмеров. В частности, предложен способ криогенной деформации, когда процесс деформирования происходит при очень низких температурах [1]. Эффект достигается при условии, что и деформирующий инструмент, и деформируемый металл находятся при температурах ниже 120 К. Такой процесс практически не осуществим в широком промышленном производстве.

Предложено совмещение интенсивной пластической деформации при комнатной температуре методом равноканального прессования с охлаждением деформированной заготовки жидким азотом сразу после выхода из матрицы. Теоретической основой такого способа обработки является представление о процессе пластического деформирования всех кристаллических тел как о физико-химическом превращении, сопровождающемся в процессе деформирования перекристаллизации.

Проводилось две серии экспериментов. В первой серии экспериментов каждую заготовку деформировали в канале РКУП матрицы при температуре 25 °С четырехкратным количеством проходов и с отбором образцов на анализ после каждого прохода. Во второй серии экспериментов после каждого обычного пропускания заготовки через матрицу заготовка попадала в емкость с жидким азотом.

Исследования показали, что охлаждение латуни Л63 азотом после деформирования в равноканальной угловой матрице уже после первого прохода дает увеличение прочности примерно на 10 %, а после четвертого прохода разница в прочности составляет 36 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Huang, Y.** The effect of cryogenic temperature and change in deformation mode on the limiting grain size in a severely deformed dilute aluminium alloy/ Y. Huang, P. B. Prangnell //Acta Mater. – 2008. – V. 56. – P. 1619–1632.

УДК 621.928.24
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ ПРУЖИННОГО ГРОХОТА

И. М. КОРЗУН
Научный руководитель Л. А. СИВАЧЕНКО, д-р техн. наук, проф.
УО «Барановичский государственный университет»
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
Барановичи, Могилев, Беларусь

В пружинном грохоте процесс разделения сыпучих поверхностей осуществляется через одну или несколько пружин. Основными выходными показателями грохота является производительность и эффективность. На эффективность разделения влияют, прежде всего, технологические и конструктивные параметры грохота: параметры колебания (амплитуда, частота); угол наклона просеивающей поверхности; влажность материала; границы разделения (зазор), скорость подачи материала, а также нагрузка на рабочую поверхность. Опытным путем подобрать данные параметры довольно сложно, поэтому необходима разработка математической модели процесса грохочения на основе анализа движения частиц сыпучего материала относительно вибрирующей просеивающей поверхности. Проектируя установку и проведя экспериментальный анализ прохождения сыпучего материала относительно грохота нами было установлено, что при угле наклона 10° целевого продукта прошло 90 %, при угле наклона 15° прошло 85 %, а при угле наклона 20° целевого продукта прошло 70 %.

В результате проведенного анализа, было установлено, что с уменьшением угла наклона грохота снижается скорость перемещения материала по просеивающей поверхности, в результате чего возрастает эффективность грохочения при одновременном снижении производительности. Для повышения производительности необходимо корректировать зазор (проходное сечение) при каждом изменении угла наклона, так как при увеличении угла наклона просеивающей поверхности зазор уменьшается.

Производительность и эффективность грохочения в значительной степени зависит от угла наклона грохота и зазора, следовательно, наиболее эффективным расположением просеивающей поверхности является такое, при котором этот угол составляет 6–10 градусов в сочетании с зазором, амплитудой, частотой и направлением вибрации. Выбор указанных параметров осуществляется на основе статистической обработки результатов математического моделирования.

Я. В. КОМИССАРОВА, В. В. КУТУЗОВ
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
Могилев, Беларусь

На современном этапе развития технологий проектирования автомобильных дорог, визуализация – это лучший способ оценки и разработки проекта перед началом строительных работ. В связи с этим актуально использование программ по 3D моделированию (Credo Дороги, Autodesk AutoCAD Civil 3D, ИндорСофт IndorCAF/Road, Топоматик Robur, Bentley Power InRoads и др.). Трёхмерные технологии моделирования и визуализации в САПР применяются для:

- визуальной оценки проектного решения;
- возможности в любой момент времени увидеть и исправить проектируемые объекты в 2D и 3D;
- своевременного обнаружения возможных ошибок, выбирая при этом наиболее выгодные варианты проектного решения;
- генерирование полного комплекта строительной документации с необходимыми чертежами в кратчайшие сроки.

Эффективная реализация автоматизированного проектирования возможна лишь при системном подходе и применении BIM-технологий, которая включает в себя организованную, последовательную информацию о строящемся сооружении. BIM (Building Information Modeling) – процесс коллективного создания и использования информации о сооружении, который формирует основу для всех решений на протяжении жизненного цикла проекта (от планирования до эксплуатации и сноса). Применение данной технологии значительно упрощает обслуживание готового объекта и продлевает срок его эксплуатации, что позволяет сэкономить строительный бюджет.

Создание 3D-модели автомобильной дороги, автоматизация формирования ее вариантов, использование геодезических данных и геологических моделей значительно ускоряет процесс моделирования, что в дальнейшем уменьшает сроки формирования проектной документации, повышая ее качество.

Сгенерированные элементы 3D BIM моделей дорог могут напрямую передаваться с серверов проектной организации на геодезические приборы, строительные-дорожные машины и оборудование. В итоге техника может работать в автоматическом режиме с высокой точностью и минимальным задействованием людей, увеличивая производительность, качество и скорость строительства, при этом снижая стоимость строительных работ на объекте.

М. В. ГЛЕБОВ
Научный руководитель С. Ю. КИРЕЕВ, д-р техн. наук, доц.
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»
Пенза, Россия

Актуальных задач в области материаловедения является задача перехода от применения монометаллов к композитным материалам. Существующие технологии нанесения многослойных покрытий не соответствуют принципам экономии средств и сокращения объема сточных вод.

Многослойный металлический композит сплавом медь–олово состоит из 2, 4 или 6 слоев (сплав медь–олово с содержанием олова 20–25 % и сплав медь–олово с содержанием олова 35–40 %). Толщина покрытия – от 12 до 24 мкм. Многослойное покрытие сплавом медь–олово имеет следующее сочетание преимуществ: повышенная собственная стойкость к коррозии и потускнению, стабильность во времени переходного электросопротивления и пониженная пористость по сравнению с покрытием монометаллами.

Технология формирования многослойного покрытия сплавом медь–олово, состоящего из слоев с различным содержанием компонентов сплава предполагает формирование покрытия из одного электролита при изменении режимов электролиза. Для изменения состава слоев многослойного покрытия используются такие нестационарные режимы электролиза как вибрация катода и импульсный ток.

Технология получения многослойного покрытия сплавом включает в себя последовательность технологических операций: подготовка деталей; монтаж деталей на подвески; обезжиривание; промывка; травление; промывка; покрытие сплавом медь–олово в стационарном режиме; покрытие сплавом медь–олово с применением вибрации катода или импульсного тока; промывка; сушка; снятие деталей с подвески; упаковка.

Область применения изделий и узлов, покрытых многослойным покрытием сплавом медь–олово разнообразна (микроэлектроника, химическое машиностроение, автомобилестроение).

Технология формирования многослойного покрытия сплавом медь–олово позволяет сократить объем сточных вод в 2 раза по сравнению с технологией, при которой можно получать покрытия методом последовательного нанесения слоев в различных гальванических ваннах и повысить стойкость к коррозии покрытия сплавом медь–олово по сравнению с технологией формирования однослойного покрытия.

А. А. ДУДИК

Научный руководитель А. П. КРАВЧУК, канд. техн. наук
УО «Белорусский государственный технологический университет»
Минск, Беларусь

Высокопрочные стекловолоконистые материалы являются основой армирующих конструкций и композиционных материалов, применяемых в различных отраслях, машино- и авиастроении, в клинической стоматологии.

В Республике Беларусь на ОАО «Полоцк-Стекловолокно» выпускается стекловолокно типа ВМП (высокопрочное) по двухстадийной технологии, которая предполагает вытягивание волокна из предварительно полученных заготовок. Используемые на предприятии заготовки получены из тугоплавкого магнийалюмосиликатного стекла, поэтому они требуют высоких температур формования (около 1200 °С) и характеризуются низкой термической и химической однородностью, что приводит к обрывности стекловолокна, отрицательно влияет на эксплуатационные характеристики готового продукта. Возникает необходимость в разработке составов стекол для получения волокна, сочетающих приемлемый уровень технологических параметров варки и формования, высокую прочность и химическую устойчивость.

Для получения стекол с высокой прочностью и приемлемыми технологическими характеристиками наибольший интерес представляет система $MgO-Al_2O_3-SiO_2$. Поэтому синтез стекол осуществлялся в области магнийалюмосиликатной системы, ограниченной содержанием компонентов, мас. %: $SiO_2 - 55-60$; $Al_2O_3 - 20-25$; $MgO - 15-20$. Для улучшения технологических характеристик и повышения механической прочности опытных стекол в их составы вводились TiO_2 и ZrO_2 , содержание которых варьировалось в интервале от 0 до 6 мас. %.

Стекла синтезированы при температуре 1540–1580 °С. Проведена оценка их технологических свойств и определена микротвердость по Виккерсу под нагрузкой 500 г как свойства коррелирующего с механической прочностью стекол. Выявлено, что стекла, содержащие более 4 мас. % TiO_2 и ZrO_2 , весьма тугоплавки и малотехнологичны, в них присутствует значительное количество непроявившихся включений.

Для дальнейших исследований выбраны составы стекол, характеризующиеся удовлетворительной степенью провара и высокими значениями микротвердости (6250–6500 МПа), в которых содержание TiO_2 составляет 2,0–4,0 мас. %, а $ZrO_2 - 2,0$ мас. %.

В. А. КАСПЕРОВИЧ, Е. С. КЛИМОВА

Научный руководитель С. Б. ПАРТНОВ, канд. техн. наук, доц.
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
Могилев, Беларусь

Для Республики Беларусь проблемы развития придорожной инфраструктуры имеют особое значение, учитывая геополитические преимущества республики, находящегося в центре Европы, на перекрестке главных транспортных коридоров. В данной ситуации существенную актуальность приобретает проблема эффективного развития придорожного сервиса. При этом придорожный сервис находится на стыке трёх важнейших отраслей сферы услуг транспорта, торговли и туризма.

С целью создания благоприятных условий развития придорожного сервиса на республиканских автомобильных дорогах и обеспечения (увеличения) эффективного использования транзитных возможностей в Республике Беларусь сформирована стабильная нормативно-правовая база, регламентирующая все этапы развития придорожного сервиса, при этом должны быть установлены налоговые и иные льготы для строительства современных объектов придорожного сервиса.

На республиканских дорогах будет создаваться интеллектуальная транспортная система (ИТС), которая позволит круглосуточно в режиме реального времени отслеживать изменения движения транспорта на развязках, вести видеонаблюдение, управлять дорожным движением в зависимости от изменения обстановки, информировать автомобилистов, ввести единую систему мониторинга по проезду грузовиков, контролировать оплату за проезд по платным дорогам и прочее.

Созданная нормативно правовая база, регламентирующая вопросы развития инфраструктуры сети автомобильных дорог, в том числе и придорожного сервиса, в полной мере соответствует требованию рынка услуг и способствует количественному и качественному развитию транзитной составляющей перевозки грузов. Республика Беларусь имеет все перспективы для мощного рывка в создании по настоящему современной сети придорожного сервиса на республиканских дорогах соответствующему стандартам ЕВРОСОЮЗА.

М. И. ИСКАНДАРОВА, Д. Д. МУХИТДИНОВ, Н. М. АБДУЛЛАЕВА
Институт общей и неорганической химии АН РУз
Ташкент, Узбекистан

Известно, что постоянной составляющей опок являются глинистые минералы, присутствующие в том или ином количестве. Типичными или «нормальными» опоками являются опоки, содержащие 54–80 % опалового кремнезема, 10–40 % глинистых минералов и до 10 % песчаных частиц. В связи с тем, что опоки в своем составе содержат активный кремнезем, способный химически взаимодействовать с известью в нормальных условиях, их принято называть пуццоланами, продуктами химического взаимодействия которых с клинкерными минералами являются малорастворимые в воде гидросиликаты кальция, образующиеся за счет интенсивного связывания $\text{Ca}(\text{OH})_2$, выделяющегося при гидролизе клинкерных минералов и гидратации цемента. Чем быстрее связывается $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в водонерастворимые гидратные соединения, тем быстрее уплотняется и упрочняется цементный камень.

Исследовалось влияние горной породы, представленной геологами, как опоку, на пригодность к использованию в качестве добавки для получения общестроительного портландцемента марки ПЦ 400-Д20. Установлено, что химический состав породы представлен в основном кремнеземом SiO_2 , содержание которого составляет 80,6 %, Al_2O_3 – 9,57 %; Fe_2O_3 – 1,59 %; CaO – 0,27 %; MgO – 0,80 %; SO_3 – 0,76 %; т. е. ее состав по содержанию оксидов находится в пределах справочных данных, характерных для опоки.

Для получения добавочных цементов шихты из клинкера 10–20 % опоки и 5 % гипсового камня подвергали совместному помолу. При введении в шихту «клинкер + гипс» 10–20 % опоки, процесс помола по сравнению с бездобавочным цементом практически не изменяется: тонкость помола, определяемая по остатку на сите № 008 цементов с добавкой опоки и без него, составила 10–12 %. Цементы через 28 суток твердения в воде имеют прочность при сжатии в пределах 406–442 кг/см², что характеризует их как цементы общестроительные марки 400 по ГОСТ 10178-85. При этом, активность добавочных цементов с 10–20 % опоки составляет 430–442 кг/см², что выше, чем у бездобавочного цемента, имеющего прочность 402 кг/см². Следует отметить, что клинкер для получения цементов с опокой должен быть высокого качества и содержать не менее 55 % трехкальциевого силиката C_3S .

Е. С. КЛЮЕВА
Научный руководитель Г. В. МАРКОВА, д-р тех. наук, проф.
ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»
Тула, Россия

При старении закаленных сплавов Mn-Cu происходит распад пересыщенного ГЦК γ -твердого раствора по спинодальному механизму на изоморфные высокодисперсные когерентные (3...5 нм) фазы обогащенные и обедненные Mn. При охлаждении от температуры старения обогащенные области претерпевают ГЦК-ГЦТ магнито-структурное превращение. Оно распространяется и на области обедненные Mn. Используя различные режимы старения, в пределах области спинодального распада появляется возможность получения объемного наноматериала.

Целью работы является изучение влияния старения на параметры ближнего порядка (α_1 и α_2) γ -твердого раствора сплавов 75Mn25Cu и 36Mn64Cu. Образцы термически обрабатывали по режиму: закалка от 830 °С (1 ч) в 10 % водном растворе NaCl и старение при 440 °С 0,17...10 ч. Съемку диффузного рассеяния проводили при комнатной температуре на дифрактометре «ДРОН-3» в Cu -монохроматизированном излучении в пошаговом режиме с интервалом в 1°, время набора импульсов 100 с.

При старении сплавов 75Mn25Cu и 36Mn64Cu α_1 и α_2 , характеризующие пространственную корреляцию разноименных атомов для первых двух координационных сфер, изменяются немонотонно. При малых временах старения (до 1 и 4 ч соответственно) наблюдается тенденция к усилению степени порядка. При дальнейшем увеличении времени старения развитие мартенситного превращения и появление в структуре тетрагональной фазы частично нарушает ближний порядок и коэффициенты α_1 и α_2 уменьшаются почти до нуля. Положительные значения коэффициента α_1 означает, что на первой координационной сфере атомы стремятся окружить себя атомами такого же сорта. Такая ситуация интерпретируется как «ближнее расслоение». Таким образом, распад неравновесного твердого раствора начинается с эволюции системы в сторону метастабильного состояния с неоднородным распределением атомов разного сорта. Ближнее расслоение можно рассматривать, как первый этап спинодального распада.

Исследование выполнено при поддержке РФФИ в рамках научного проекта 16-42-710770 p_a и Правительства Тульской области (договор ДС/49).

УДК 621.9
ВЛИЯНИЕ ТОКОВОЙ ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ
ТЕХНИЧЕСКИ ЧИСТОГО ТИТАНА

И. А. КОМИССАРОВА, *А. В. ФЕОКТИСТОВ, *Д. А. КОСИНОВ,
**Ю. Ф. ИВАНОВ, Е. Д. КРЮКОВА, С. В. КОНОВАЛОВ
ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет
им. акад. С.П. Королева»
*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»
**Институт сильноточной электроники СО РАН
Самара, Новокузнецк, Томск, Россия

Работа посвящена анализу структуры технически чистого титана ВТ1-0, подвергнутого усталостным испытаниям и токовой импульсной обработке. Структура поверхностного слоя титана в состоянии поставки, разрушенного в результате усталостных испытаний, имеет тонкий поверхностный слой с нанокристаллической зеренно-субзеренной структурой. Средний размер зерен, формирующих слой, составляет $58,6 \pm 21,5$ нм. Прилегающий к наноструктурированному поверхностному слою объем материала имеет пластинчатую структуру и характеризуется наличием большого количества изгибных экстинкционных контуров.

Установлено, что токовая импульсная обработка образцов, осуществляемая на промежуточной стадии испытаний, приводит к увеличению усталостной долговечности материала в $\approx 1,3$ раза относительно образцов без такой обработки. Выполнены электронно-микроскопические микродифракционные исследования фазового состава и дефектной субструктуры поверхностного слоя образцов технически чистого титана марки ВТ1-0, разрушенных в условиях усталостных испытаний, и выявлены физические механизмы, ответственные за увеличение усталостной долговечности материала в условиях дифракционной электронной микроскопии. Показано, что токовая импульсная обработка технически чистого титана сопровождается многократным увеличением размеров кристаллитов α -титана поверхностного слоя материала, способствует снижению количества источников внутренних полей напряжений в поверхностном слое материала и приводит к существенному увеличению размеров частиц окисной фазы, формирующихся в поверхностном слое образцов технически чистого титана при усталостных испытаниях.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ (проект №16-32-60048 мол_а_дк).

УДК 666.945.9.2.
КЕРАМИЧЕСКИЙ БОЙ – ЭФФЕКТИВНАЯ ДОБАВКА В ЦЕМЕНТ

М. И. ИСКАНДАРОВА, Б. Б. БАТЫРОВ, А. Р. БЕГЖАНОВ,
Н. Д. МАХСУДОВА
Институт общей и неорганической химии АН РУз
Ташкент, Узбекистан

Рассмотрим влияние отходов керамического производства (керамического боя) на физико-механические свойства общестроительного портландцемента. Установлено, что химический состав отхода – боя керамических плиток, представлен преимущественным содержанием оксида кремния (SiO_2) в количестве 64,85 % и оксида алюминия (Al_2O_3) – 23,89 %. Присутствуют оксиды кальция (CaO) – 2,24 %; железа (Fe_2O_3) – 2,79 %; магния (MgO) – 1,00 %. Исследованиями установлено, что по гидравлической активности по прочности на сжатие (по значению критерия Стьюдента t – критерия 21,21), керамический бой соответствует требованиям, предъявляемыми нормативными документами на активные минеральные добавки. Это дает возможность их использования при производстве общестроительных портландцементов по ГОСТ 10178-85 в целях экономии дорогостоящей клинкерной составляющей.

Установлено, что тонкость помола цементов с добавками и без добавок по остатку на сите с сеткой № 008 составляет 10 %. С повышением содержания добавки до 20 %, процесс помола цемента ускоряется (остаток на сите № 008 – 8 %). Отмечено, что при содержании 5–20 % керамического отхода в портландцементе водопотребность цементного теста по сравнению с контрольным цементом повышается на 5–9 %, сроки схватывания удлиняются от 5 ч 33 мин до 7 ч 8 мин. Добавка, введенная в количестве 5–20 %, ускоряет процесс твердения цементов, особенно в начальные сроки. В возрасте 7 суток предел прочности при сжатии цементов с добавкой керамического боя на 6–12 % выше прочности контрольного бездобавочного цемента ПЦ400-Д0. Такие же закономерности набора прочности добавочных цементов, содержащих керамические отходы, отмечены к 28 суткам твердения. При этом наибольшую активность (428 кгС/см^2) показал цемент, содержащий 10 % керамического боя. Результаты физико-механических испытаний показали, что цементы, содержащие от 5 до 20 % керамических отходов, в 28 сутокном возрасте нормального твердения имеют прочность при сжатии в пределах 419–428 кгС/см^2 , что выше прочности бездобавочного цемента и, согласно требованиям ГОСТ 10178-85, соответствует цементу марки 400. После апробации технология получения добавочных цементов с керамическим боем внедрена на двух цементных заводах Узбекистана: на АО «Ахангаранцемент» и АО «Ахангаран рангли цемент».

А. В. ЕЛИСЕЕВ
Научный руководитель С. Б. ПАРТНОВ, канд. техн. наук, доц.
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
Могилев, Беларусь

Дорожные одежды с монолитным цементобетонным покрытием относятся к жёстким капитальным типам покрытия. Это альтернативный вариант асфальтобетонным покрытиям, которые являются нежёсткими покрытиями широко распространёнными на территории РБ в настоящий момент. В то же время сеть европейских и американских автомобильных дорог широко представлена цементобетонными покрытиями (например, Германия имеет около 40 % дорог с цементобетонными покрытиями).

Цементобетонные покрытия способствуют и улучшению безопасности движения на автомобильных дорогах. Искусственное нанесение шероховатостей в процессе устройства обеспечивает требуемые значения по коэффициенту сцепления (до 0,5–0,45 для дорог I–V категорий). На фоне светлого цвета покрытия улучшается видимость движущегося автомобиля, особенно в тёмное время суток и в плохую погоду.

Для Республики Беларусь, имеющей в основном сеть дорог с асфальтобетонными покрытиями, переход на строительство цементобетонных покрытий является инновационным направлением. Это позволит улучшить качество дорог, обеспечить сбыт продукции предприятий цементного производства, перераспределить финансовые средства с ремонтов существующей сети дорог на увеличение объёмов нового строительства, изменить вид готовой продукции, повысить конкурентоспособность дорожно-строительных организаций. С учётом прогнозируемого экономического эффекта от строительства цементобетонных покрытий, можно предположить снижение долговременной стоимости автодорог с данным видом покрытия.

Современное технологическое оборудование является высокопроизводительным, что ускоряет сроки строительства при высоком качестве производства работ, достижении требуемых эксплуатационных показателей с соблюдением всех нормативных требований, предъявляемых к готовому покрытию.

С. Ю. КОТОВ, В. И. РОМАНЕНКО
Научный руководитель Г. Я. БЕЛЯЕВ, канд. тех. наук, проф.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Одной из наиболее распространённых теорий, объясняющих потери трения при качении является теория несовершенной упругости реальных твёрдых тел или упругого гистерезиса, математически обоснованная А. Ю. Ишлинским [1, 2, 3]. На рис. 1,а изображён цилиндр радиусом R в состоянии покоя. При этом напряжения на контактной площадке, согласно эллиптическому закону Г. Герца [4], распределяются симметрично относительно линии действия веса цилиндра mg и уравниваются нормальной реакцией опоры N . Согласно А. Ю. Ишлинскому, при качении цилиндра под действием силы F с угловой скоростью ω (рис. 1,б) происходит перераспределение деформаций плоскости таким образом, что перед цилиндром по ходу его движения образуется волна из упруго деформированного материала, при этом нормальная реакция опоры N смещается вперёд по ходу движения цилиндра на величину f , создавая момент M (т. е. момент трения качения).

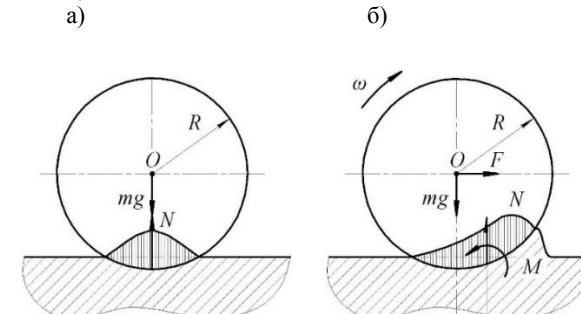


Рис. 1. Схема взаимодействия цилиндра с плоской поверхностью

Момент трения качения можно определить по формуле [2, 5, 6]:

$$M = N \cdot f,$$

где M – момент трения качения, Н·м; N – нормальная реакция опоры, Н; f – коэффициент трения качения.

Указанная теория возникновения потерь на трение при качении базируется на рассмотрении взаимодействия абсолютно твёрдого и абсолютно упругого тел, что справедливо лишь для ряда задач. Не принимался во внимание случай качения круглых тел по выпуклой (вогнутой) поверхно-

сти при наличии не только взаимных упругих, но и пластических деформаций, что характерно для взаимодействия деталей подшипников качения во время их эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ишлинский, А. Ю.** Трение качения // Прикладная математика и механика: в 3 т. / А. Ю. Ишлинский. – Киев, 1938. – Т. 2. – С. 245–260.
2. **Ишлинский, А. Ю.** Математическая теория пластичности / А. Ю. Ишлинский, Д. Д. Ивлев. – Москва : Физматлит, 2001. – 704 с.
3. **Новожилов, И. В.** Качение колеса / И. В. Новожилов // Изв. РАН. МТТ. – 1998. – № 4. – С. 52–55.
4. Герца закон [Электронный ресурс] / Информационный сайт «Энциклопедия по машиностроению» – Москва, 2016. – Режим доступа: <http://mash-xxl.info/info/187707/>. – Дата доступа: 01.01.2017.
5. Динамика машин и механизмов. Трение качения [Электронный ресурс] / Информационный сайт «Теоретическая и прикладная механика» – Москва, 2009. – Режим доступа: <http://www.isopromat.ru/tmm/kratkij-kurs/trenie-kachenija>. – Дата доступа: 01.01.2017.
6. **Тер-Мартirosян, З. Г.** О трении качении в грунтах / З. Г. Тер-Мартirosян, А. Ю. Мирный, Е. С. Соболев // Вестник МГСУ. – 2011. – № 5. – С. 134–143.

УДК 621.7/9.048.7

АНАЛИЗ ТЕОРИИ ТРЕНИЯ КАЧЕНИЯ О РЕЙНОЛЬДСА

С. Ю. КОТОВ, Н. В. ШКИНЬ

Научный руководитель Г. Я. БЕЛЯЕВ, канд. тех. наук, проф.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Ш. Кулоном была экспериментально установлена зависимость потерь на трение качения от силы, с которой катящееся тело действует на плоскую поверхность [1]. Позже Ж. Дюпюи установил, что потери на трение качения существенно отличаются для различных материалов [2]. Указанные открытия послужили предпосылками для формирования ряда теорий, объясняющих феномен возникновения потерь на трение при качении [3–6], среди которых наибольшее распространение получила теория трения качения О. Рейнольдса.

Согласно О. Рейнольдсу [4] (рис. 1), при качении абсолютно упругого цилиндра радиусом R (разрез цилиндра не заштрихован) под действием силы F с угловой скоростью ω по абсолютно упругой плоской поверхности под действием веса цилиндра mg происходит упругое деформирование

УДК 532.5

К РАСЧЕТУ РАСХОДА ВОДОПРОПУСКНЫХ ТРУБ

В. Д. ДАНИЛЕНКО

Научный руководитель В. Т. ПАРАХНЕВИЧ, канд. техн. наук, доц.
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
Могилев, Беларусь

Водопротокные трубы являются одним из основных инженерных сооружений на автомобильных дорогах. Нормальная их эксплуатация во многом зависит от качества проектирования и строительства водопротокных труб. Ошибки, допущенные в процессе проектирования приводят к крайне нежелательным последствиям, вплоть до разрушения конструкции трубы и дороги.

Протокная способность водопротокных труб, а так же их диаметр рассчитывается по формуле водослива широким порогом:

$$Q = m \cdot D \sqrt{2g} \cdot H_0^{3/2},$$

где Q – расход, m^3/c ; D – диаметр трубы, m ; g – ускорение свободного падения, m/c^2 ; H_0 – напор с учетом скорости подхода к трубе.

Диаметр водопротокной трубы по мере наполнения сначала увеличивается в пределах $0 \div D$, а затем уменьшается в пределах $D \div 0$. При расчете по этой формуле считается, что D величина постоянная, как для водосливов широким порогом, где b (ширина водослива) остается величиной неизменной. Тогда площадь живого сечения (m^2) при наполнении D будет равна:

$$\omega = b \cdot D,$$

где ω – живое сечение потока водослива, m^2 .

Для водопротокной трубы круглого сечения площадь живого сечения соответственно равна:

$$\omega = \frac{\pi \cdot D^2}{4}.$$

Сравнивая предыдущие выражения, действительное среднее значение ширины водосливного отверстия для водопротокной трубы определится из равенства:

$$b \cdot D = \frac{\pi \cdot D^2}{4},$$

откуда:

$$b = \frac{\pi \cdot D}{4} = 0,785D.$$

Возможно, что эта неточность учитывается величиной коэффициента расхода ($0,31 \div 0,35$). Для водосливов с широким порогом не круглого сечения этот коэффициент выше, так как ширина потока во всем диапазоне при их эксплуатации остается величиной постоянной.

В. П. БЕРЕЗИНА, *Ф. Д. КАРПОВ, *В. А. ЛЕМЕШЕВА, Е. Г. КАСЬЯНОВ,
В. П. НИКУЛИН, А. А. ЛОЙКО

Научный руководитель Д. Ф. КАРПОВ

ФГБОУ ВО «Вологодский государственный университет»

*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет»

Вологда, Санкт-Петербург, Россия

Необходимость решать задачи энергоресурсосбережения и тепловой защиты объектов различного назначения привела к разработке совершенно новых материалов, механизм действия которых принципиально отличается от работы классических теплоизоляторов. Одним из последних достижений научно-технического прогресса является термокраска (теплокраска, сверхтонкая жидкая теплоизоляция, керамическая теплоизоляция и т. д.).

Термокраску можно наносить на поверхности практически любой формы. Этот вид изоляции отличается высокими теплоизоляционными, шумоизоляционными, гидроизоляционными свойствами, а также устойчивостью к образованию коррозии.

В настоящее время термокраска активно применяется в различных областях строительства. Она активно используется в качестве теплоизоляционного материала для покрытия крыш, стен и потолков зданий, сооружений, наружных и внутренних инженерных сетей и их элементов.

Основным теплофизическим параметром термокраски является коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К). Однако производители данного материала, как правило, «занижают» этот показатель. С целью идентификации фактического значения коэффициента теплопроводности в натуральных и лабораторных условиях проведены исследования термокраски производства «Теплометт» (г. Коломна, г. Челябинск) и «Броня» (г. Волгоград, г. Москва), а также выполнено сравнение полученных результатов с данными завода-изготовителя (производителя).

По результатам проведенных исследований заключаем: экспериментальные значения коэффициента теплопроводности термокраски превышают данные производителя, как правило, в разы, что способствует увеличению расхода материала и повышает стоимость выполняемых работ.

взаимодействующих тел (контур тел до деформации на рис. 1 изображен штриховой линией), в результате которого взаимодействие цилиндра и плоской поверхности будет происходить по цилиндрической поверхности с радиусом R_d . О. Рейнольдс рассматривал движение цилиндра как сочетание вращательного движения относительно прямой (проекцией которой на фронтальную плоскость является точка А) и скольжения по поверхностям с проекциями на фронтальную плоскость ВА и АС.

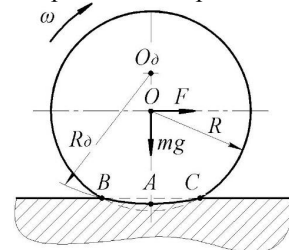


Рис. 1. Теория трения качения по О. Рейнольдсу

Теория качения О. Рейнольдса отражает только общие принципы взаимодействия абсолютно упругих тел и не содержит аналитического исследования, а также методов численного расчета сопротивления качению. Однако, принимая во внимание указанные недостатки теории, нельзя не отметить, что разработанные в ней представления о процессе трения качения легли в основу дальнейших многочисленных исследований [7–9].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Coulon, Ch. A.** Theorie des machines simples / Ch. A. Coulon // Mem. acad. sci. – Paris, 1785. – P. 161–331.
2. **Dupuit, J.** Essai et expériences sur le triage des voitures et sur le frottement de second espèce / J. Dupuit. – Paris: Carilian-Goeury, 1837. – 167 p.
3. **Спицын, Н. А.** Подшипники качения: справочное пособие / Н. А. Спицын [и др.] под общ. ред. Н. Ю. Благосклонова. – Москва : Машгиз, 1961. – 828 с.
4. **Reynolds, O.** On rolling-friction / O. Reynolds // Phil. Trans. Roy. Soc. – 1876. – P. 155–177.
5. **Ишлинский, А. Ю.** Трение качения // Прикладная математика и механика: в 3 т. / А. Ю. Ишлинский. – Киев, 1938. – Т. 2. – С. 245–260.
6. **Конвисаров, Д. В.** Износ металлов / Д. В. Конвисаров. – Москва : Объединенный науч.-техн. ин-т, 1938. – 304 с.
7. **Fomm, H.** Berechnung des Shiupfes beim Rollen deformierbarer Scheiben / H. Fomm // Ztschr. angew. Math. Und Mech. – 1927. – P. 27–58
8. **Ворович, В. М.** Механика контактных взаимодействий / И. И. Воровича, В. М. Александрова. – Москва : Физматлит, 2001. – 672 с.
9. **Попов, В. Л.** Механика контактного взаимодействия и физика трения. От нанотрибологии до динамики землетрясений / В. Л. Попов. – Москва : Физматлит, 2013. – 352 с.

С. Ю. КРЕМЕНЬ, М. А. КОТ
Научный руководитель С. А. ПАВЛЮКОВЕЦ, канд. техн. наук, доц.
УО «Белорусская государственная академия связи»
Минск, Беларусь

На сегодняшний день актуальной научной задачей является получение новых материалов с управляемыми свойствами для микро- и нанoeлектроники.

Среди многообразия методов формирования современных материалов, в последнее время наибольший интерес вызывает безвакуумный химический метод, получивший название «метод спрей-пиролиз», вследствие простоты и легкости регулирования скорости осаждения и толщины получаемых пленок [1].

Спроектирована экспериментальная установка, реализующая указанный метод. За основу при проектировании взята установка из работы [2]. Основными элементами разработанной установки являются нагреватель подложек и распылительная система. В качестве нагревательного элемента выступает уложенная змейкой в пазы шамотного кирпича нихромовая проволока мощностью 1,2 кВт. Высокая мощность нагревателя позволяет быстро проводить нагрев подложек вплоть до 600 °С.

Важным аспектом воспроизводимости параметров получаемых пленок является автоматизация установки с целью контроля и управления временем распыления. Для этого использован электронный блок Arduino UNO R3 со специально разработанным под необходимые задачи скетчем.

Применяемые при разработке установки современные методы, схемы и блоки позволили максимально автоматизировать процесс получения тонких пленок методом спрей-пиролиза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Perednis, D.** Thin film deposition using spray pyrolysis / D. Perednis, L.J. Gauckler // *Journal of Electroceramics*. – 2005. – Vol. 14. – P. 103–111.
2. Получение наноструктурированных тонких пленок методом спрей-пиролиза аэрозолей / О. В. Карпанин [и др.] // *Надежность и качество: тр. междунар. симп.* – Пенза : Изд-во ПГУ, 2011. – Т. 2. – С. 165–166.

В. В. БАШКИРОВА
Научный руководитель В. С. МИХАЛЬКОВ, канд. техн. наук, доц.
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
Могилев, Беларусь

На современном этапе развития существующая модель белорусского градостроительства сталкивается со многими трудностями. Причина этому – заимствование устаревшей модели советского градостроительства, в которой многие аспекты были не учтены. Так же особую роль играет устаревшая нормативная база, используемая при проектировании. Отдельное внимание следует уделить отсутствию современной модели жилой застройки, ориентированных на различные слои населения, а так же на их потребности. Под разными категориями понимают лиц разного возраста, разного уровня образования и разного уровня дохода.

В основе экологических проблем лежит постоянное увеличение числа городских жителей. В Республике Беларусь 70 % населения проживает в городах. Современная городская среда по множеству параметров не соответствует условиям нормальной жизнедеятельности человека и существенно влияет на его здоровье. По этой причине наблюдается постепенное ухудшение качества условий жизни. Это связано с увеличением отходов, увеличением количества шума, а также ухудшения качества воздуха в связи с увеличением количества автотранспорта. В результате этого у городского населения по сравнению с сельскими жителями ухудшается здоровье, повышается уровень серьезных смертельных заболеваний, сокращается продолжительность жизни.

В 1991 г. численность городского населения составляла 74 %. С 1992 г. наблюдается сокращение численности городского населения в Республике Беларусь из-за резкого падения рождаемости. В 2012 г. уровень рождаемости превысил уровень смертности, но это не спасло ситуацию в целом. Большую часть прироста дают беженцы из других стран и сельское население, стремящееся в города с надеждой найти работу. Вторая особенность городского населения – это его «старение». Поскольку большую часть времени уровень смертности превышал уровень рождаемости, то следует ожидать ухудшения состояния, а именно к еще большему старению населения.

В качестве решения данной проблемы хотелось бы предложить разделение городских сред, а именно отделение жилых секторов от общественных и промышленных. Изменение и модернизацию существующей нормативной базы. Увеличение числа зеленых зон и зон отдыха. В результате этих действий уменьшится загрязнение жилых районов, уменьшится уровень шума, что приведет к улучшению здоровья, увеличению продолжительности жизни.

С. Р. АХМЕДОВ

Научный руководитель Е. В. МИКРЮКОВА, канд. техн. наук, доц.
ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»
Йошкар-Ола, Россия

Современные тенденции отделки натуральной древесины проявляются весьма разнообразно. Одним из таких видов является искусственное старение древесины – браширование.

Браширование с обжигом в первую очередь позволяет ярко выделить уникальную природную структуру древесины, за счет удаления мягких волокон верхнего слоя. Было отобрано 12 образцов сосны, размерами 200x60x16 мм. Для данных образцов после обжига и браширования была определена шероховатость в соответствии с ГОСТ 15612-2013 «Изделия из древесины и древесных материалов. Методы определения параметров шероховатости поверхности».

Для обжига использовалась газовая горелка. При высокой температурной обработке древесина выгорает или подгорает, изменяя свой цвет в более темные оттенки, проявляя декоративный эффект старения. В исследовании был сделан умеренный и сильный обжиг древесины. Для создания красивой структуры после обжига образцы подверглись обработке электродрелью с насадкой-щеткой и ручной щеткой, после чего поверхность стала более рельефной и фактурной (рис. 1).



Рис. 1. Образцы после обжига и браширования

В результате исследования большей шероховатостью (192,47 мкм) обладают заготовки умеренно-горелые, обработанные щеткой, наименьшей – (150,21 мкм) умеренно-горелые, обработанные дрелью; сильно горелые заготовки имеют одинаковые шероховатости вне зависимости от способа обработки.

М. В. ЛАЗАРЧИК

Научные руководители А. Н. РОГОВОЙ; А. В. ЛЕШОК, канд. техн. наук
ГНУ «Институт порошковой металлургии НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Спеченные порошковые фрикционные материалы занимают особую роль среди разнообразия фрикционных материалов. К их достоинствам можно отнести: высокую удельную мощность трения, теплопроводность и износостойкость; хорошее сопротивление срезу и сдвигу, высокую механическую прочность; возможность работы при высоких удельных давлениях на поверхности трения; высокую твердость материалов; высокую теплостойкость и износостойкость.

Для обеспечения стабильности коэффициента трения используют добавки – карбиды и оксиды металлов, для снижения схватывания – MoS_2 , ZnS , CuS , графит, для увеличения сопротивления скольжению – Al_2O_3 , SiC , SiO_2 . Материал подвергается спеканию для повышения прочности соединения наполнителей и добавок с металлом-основой.

Разработан материал и технология изготовления фрикционного диска стрелочного привода СП-6Бел с фрикционным материалом на основе железа. Испытания проводились на инерционном стенде типа ИМ-58 по методу торможения инерционных масс, при котором образцы подвергались периодическому нагружению с заданной частотой. Было выявлено, что разработанный материал на железной основе (графит 3–8 %, порошок бронзы 8–12 %, порошок свинца 12–18 %, порошок стальной 5–9 %, железо-основа) показал более высокий коэффициент трения, низкий износ (рис. 1) и их стабильность в зависимости от климатических условий в сравнении с используемым материалом на медной основе.

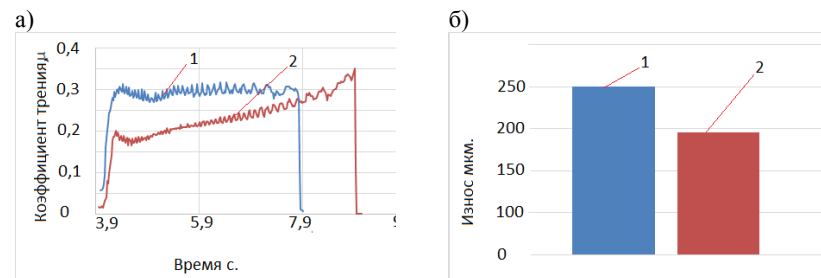


Рис. 1. Коэффициент трения (а) и износ (б) известного (1) и предложенного (2) фрикционных материалов стрелочного привода СП-6Бел

П. С. ЛАРИОНОВ

Научный руководитель Ю. Г. ПАВЛЮКЕВИЧ, канд. техн. наук, доц.
УО «Белорусский государственный технологический университет»
Минск, Беларусь

Вспученные геополимеры могут применяться для производства бетонов различного назначения, полимерных композиционных материалов, нефтегазовой (буровые растворы и тампонажные цементы низкой плотности и высокой прочности), лакокрасочной промышленности (наполнители), строительстве (звукоизоляция и композиционные материалы), авиа- и судостроении (облегченные конструкционные материалы).

Вспучивание материала происходит за счет давления выделяющихся газов, оказываемого на гранулу, находящуюся в пиропластическом состоянии. Главным условием вспучивания является совпадение температур максимального газовыделения и пиропластического состояния, что достигается быстрым нагревом материала, например, в низкотемпературной плазме.

Исследовано поведение натриевого геополимера при нагревании, полученного поликонденсацией легкоплавкой глины месторождения «Гайдуковка» и тугоплавкой глины месторождения «Городное» в натриевом жидком стекле при температуре 100 °С. Установлено, что при температуре 85–95 °С происходит удаление межслоевой адсорбционной воды из натриевого геополимера. При увеличении температуры до 450–510 °С удаляется межпакетная и химически связанная вода. При температурах 950, 990 и 1040 °С наблюдается кристаллизация муллита, альбита и нефелина соответственно.

В связи с значительной разницей между температурой максимального газовыделения и температурой, при которой материал находится в пиропластическом состоянии, проведена обработка натриевого геополимера в низкотемпературной плазме. Вспучивание геополимера происходит главным образом за счет механического воздействия упругого водяного пара, мгновенно образующегося благодаря значительному содержанию в геополимере межпакетной воды при плазмохимической обработке геополимера. Вспученный геополимер характеризуется сложной нерегулярной структурой. Отдельные поры отличаются по форме, ориентации и кривизне поверхности. Преобладающий размер пор – 2–10 мкм. По мере увеличения количества применяемого жидкого стекла до 40 мас. % насыпная плотность вспученного геополимера снижается с 650 до 350 кг/м³, что объясняется более интенсивным газовыделением при нагреве материала.

М. К. АНКУДА, Н. Г. КОРОБ, М. А. КОМАРОВ, Т. М. СУДНИКОВИЧ
Научный руководитель М. И. КУЗЬМЕНКОВ, д-р техн. наук, проф.
УО «Белорусский государственный технологический университет»
Минск, Беларусь

В результате производственной деятельности ОАО «Гомельский химический завод» образуются многотоннажные промышленные отходы, в числе которых фосфогипс, шлам станции нейтрализации кислых стоков, кремнегель, что негативно отражается на экологии региона. Проблема утилизации указанных отходов в настоящее время не решена, и на их складирование и хранение предприятие затрачивает порядка 100 тыс. долл. США ежегодно.

В БГТУ проводятся исследования по изучению эффективности использования техногенного шлама химического завода в качестве минерализатора при обжиге цементного клинкера. Шлам образуется в результате нейтрализации кислых стоков из сернокислотных цехов, цеха производства фосфорной кислоты и цеха фторсолей, и с химической точки зрения шлам представляет собой смесь солей: фторида кальция, сульфата кальция, фосфатов кальция.

Подготовка шлама станции нейтрализации для использования его при производстве цемента подразумевает снижение влажности шлама с 60–63 до 10–15 % путем замены барабанных вакуумных фильтров на центрифуги, что обеспечит возможность его транспортировки в открытых железнодорожных полувагонах.

Введение шлама станции нейтрализации в состав сырьевой смеси в количестве 0,5–1,5 % обеспечивает интенсификацию обжига цементного клинкера во вращающейся печи, что позволяет снизить температуру обжига с 1450 до 1300–1350 °С и за счет этого уменьшить расход топлива на обжиг. Это позволит уменьшить импорт природного газа и каменного угля. Снижение энергоемкости производства также будет способствовать поступлению на рынок белорусских строительных материалов более дешевого отечественного цемента и увеличению объемов строительства. Кроме этого, использование техногенного шламового отхода для производства цемента позволит одновременно решить важнейшие экологические вопросы по предотвращению загрязнения окружающей среды вредными примесями и исключению возможности их попадания в почву, грунтовые воды и в воздушную среду.

Проведенные лабораторные исследования свидетельствуют о возможности достижения такого результата при сохранении качества цемента.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ПБС ДВУХКОЛЕСНОГО
ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

А. В. ЮШКЕВИЧ, М. Л. ПЕТРЕНКО, А. С. МЕЛЬНИКОВ,
А. А. МЕЛЬНИКОВ, Е. А. МОИСЕЕВ
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
Могилев, Беларусь

Современные мотоциклы для обеспечения безопасности водителя и пассажира оснащаются системами активной безопасности (САБ), которые, в свою очередь, обеспечивают устойчивость и управляемость движения мотоцикла не только при торможении, но и при разгоне. В основу функционирования существующих САБ, в частности противобуксовочной системы (ПБС), заложен алгоритм, который учитывает совокупность кинематических параметров.

Была разработана ПБС, в основе алгоритма работы которой заложен анализ силовых параметров при управлении процессом разгона мотоцикла. Данная система предназначена для повышения курсовой устойчивости при разгоне мотоцикла, путем предотвращения пробуксовки, срыва колеса в занос и недопущения бокового скольжения.

Система работает следующим образом: при разгоне происходит нарастание крутящего момента на колесе мотоцикла; при возникновении сил, которые нарушают устойчивость колеса, блок сбора информации регистрирует данные силы и передает информацию на блок обработки информации. Далее информация передается на блок управления системой, где согласно алгоритму, в зависимости от степени нарушения курсовой устойчивости вырабатывается управляющий сигнал, подаваемый на силовые исполнительные элементы, которые воздействуют либо на тормозной привод, либо на дроссельную заслонку, либо на подруливание руля. После того, как курсовая устойчивость восстановлена, силовой исполнительный элемент возвращается в исходное положение. Цикл повторяется.

САБ обладает патентной чистотой не только конструкции, но и алгоритма, также высокой технологичностью при массовом производстве, простотой при обслуживании и ремонте, меньшей стоимостью по сравнению с существующими ПБС.

ВТОРИЧНЫЕ ТЕРПЕНОИДНЫЕ ПРОДУКТЫ – ПЕРСПЕКТИВНЫЕ
ОТВЕРДИТЕЛИ ЭПОКСИДНЫХ СМОЛ

И. А. ЛАТЫШЕВИЧ, Е. И. ГАПАНЬКОВА
Научные руководители Н. Г. КОЗЛОВ, д-р хим. наук, доц.;
А. Ю. КЛЮЕВ, канд. техн. наук
ГНУ «Институт физико-органической химии НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Актуальной проблемой при получении термоотверждаемых композиций является выбор отвердителя, которым могут служить соединения, имеющие в своей структуре ангидридную, карбоксильную и/или аминную группы.

Вторичные терпеноидные продукты, такие как терпеноидномалеиновые аддукты, благодаря своим пленкообразующим и физико-химическим свойствам, могут являться перспективными отвердителями эпоксидных смол.

Особое значение в этой связи имеют такие аддукты как канифолетерпеномалеиновые смолы (КТМС), исходным сырьем для синтеза которых является терпентин. Это позволяет уменьшить энерго- и трудозатраты путем исключения стадии переработки живицы на канифоль и скипидар, при этом себестоимость конечного продукта снижается.

Цель работы – разработать перспективные отвердители для эпоксидных смол на основе вторичного терпеноидного отечественного возобновляемого сырья.

Для достижения поставленной цели были синтезированы образцы КТМС с различным составом терпентина (соотношение смоляных кислот – 30–70 мас. %, скипидар – 70–30 мас. %) и на их основе получены термоотверждаемые композиции. Отверждение осуществляли при температуре 150–180 °С в сушильном шкафу. Физико-механические характеристики (адгезия 1 балл, прочность при ударе ≥ 100 см, твердость 0,5–0,7 усл. ед.) лаковых покрытий сравнивали с ГОСТ 10587-84 (адгезия 1–2 балл, прочность при ударе 40 см, твердость 0,3–0,5 усл. ед.).

Таким образом, КТМС являются перспективными лесохимическими отвердителями. Лаковые покрытия, полученные с их использованием, по своим физико-механическим свойствам превосходят лаки на основе эпоксидных смол, отвержденных другими отвердителями.

Г. В. МАРКОВА
ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»
Тула, Россия

В настоящее время никелид титана (TiNi) является одним из перспективных материалов с отличными показателями функциональных и механических свойств, что находит применение в сплавах с эффектом памяти формы и сплавах с высокой демпфирующей способностью. Производство данного сплава основано на методах порошковой металлургии, что обусловлено наилучшими показателями однородности получаемой структуры, однако имеет один недостаток – образование пористости при спекании порошков. Существует 3 метода устранения пористости применительно к сплавам TiNi: ротационная ковка, экструзия и поперечно-винтовая прокатка.

Эффективность метода поперечно-винтовой прокатки оценивалась на основе анализа дисперсии микротвердости по сечению 4 образцов по номерам проходов. Измерения проводились при помощи микротвердомера ПМТ-3. На каждом расстоянии от торца проводилось 3 параллельных измерения микротвердости для каждого из образцов. Данные измерений были занесены в программу Microsoft Office Excel для расчета. На основе полученных данных распределения дисперсии микротвердости была построена зависимость ее распределения по диаметру (рис. 1).

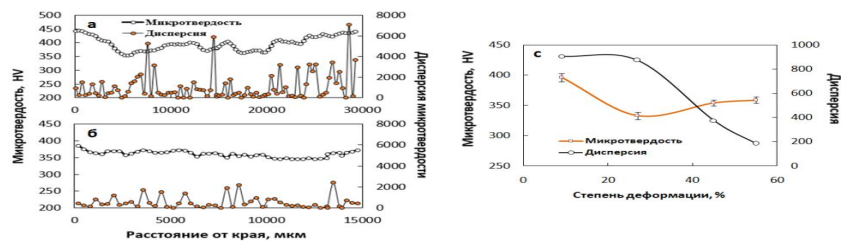


Рис. 1. Изменения микротвердости деформированных заготовок: а – $\epsilon = 9\%$; б – $\epsilon = 55\%$; в – средние значения HV и дисперсии микротвердости на каждом этапе деформации

Установлено, что увеличением степени деформации структура порошкового сплава TiNi становится более однородной, о чем свидетельствует снижение дисперсии микротвердости, и при достижении степени деформации в 55% в трехвалковом прокатном стане порошковая заготовка TiNi равномерно деформируется по всему сечению.

Н. М. ЮШКЕВИЧ, Е. С. ДОМОРАД, А. Н. ЛЕВЧЕНКО
Научный руководитель Н. Н. ГОБРАЛЕВ, канд. техн. наук, доц.
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
Могилев, Беларусь

Эффективность реализации тягово-сцепных свойств колес автомобиля во многом определяется качеством создаваемого между ними и опорной поверхностью пятна контакта. Оно должно быть оптимальных размеров и геометрической формы, конструкция протектора покрышки должна исключать возможность разрыва контакта колес с дорогой, химический состав материала должен обеспечивать стабильно высокие значения коэффициента сцепления этой фрикционной пары.

Реализацию отмеченных требований главным образом обеспечивает протектор автомобильной шины. Рисунок его рельефа, высота макро и микро выступов подбирается под условия эксплуатации автомобиля – летний или зимний сезон, движение по бездорожью или автодорогам с покрытием, сухим дорогам или мокрым и т. д. Но идеального, подходящего для всех случаев, протектора не существует.

Назначение макро выступов – создавать своеобразные «грунтозацепы», повышающие сцепные свойства колес при движении автомобиля по бездорожью, размокнувшим грунтовым и заснеженным автодорогам. Кроме того, они повышают эластичность шины и способствуют более эффективному отведению воды и снежной шуги из зоны пятна контакта. Но эти свойства обеспечиваются в требуемых пределах лишь у относительно «новых» автошин, у которых высота выступов более 1,6 мм для летней резины и более 4,5 мм для зимней и всесезонной. В случае длительно эксплуатируемой покрышки, даже с допускаемой высотой, их эластичность становится значительно хуже из-за старения материала резины. Поэтому некоторые эксперты считают, что покрышки целесообразно использовать не дольше пяти лет.

Продлению срока ее эксплуатации может способствовать «зернение» протекторного слоя керамическими материалами. Они в процессе износа покрышки будут выкрашиваться и образовывать небольшие раковины, что приведет к увеличению шероховатости ее поверхности, и, как следствие, к повышению силы трения. Кроме того, эти раковины будут также размягчать выступы протектора, способствуя повышению эластичности покрышки в зоне пятна контакта.

И. Ю. ХАДКЕВИЧ

Научный руководитель С. А. РЫНКЕВИЧ, д-р техн. наук, проф.
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
Белорусский национальный технический университет
Могилев, Минск, Беларусь

В процессе эксплуатации мобильной машины возникает необходимость диагностирования различных элементов гидромеханической передачи (ГМП) таких как: насос, тормоз-замедлитель, золотник, клапан давления и другие [1]. Одним из важнейших элементов является гидродинамический трансформатор (ГДТ). Для этого необходимо подробное математическое описание особенностей функционирования ГДТ на различных режимах работы. После получения математического описания показателей оценки технического состояния ГДТ при различных вариантах значений диагностических параметров необходимо выявить закономерности и учет их в алгоритмах диагностирования.

Основным элементом, снижающим надежность ГДТ, является муфта свободного хода (МСХ). В процессе эксплуатации МСХ может выходить из строя. Выход из строя МСХ приводит либо к исключению возможностей стопорения реакторных колес, либо к заклиниванию роликов МСХ и полной блокировке колес реактора, и, как следствие, ГДТ не выходит на режим гидродинамической муфты (ГДМ) на высоких значениях передаточного отношения. В этом случае поток жидкости разбивается о них не доходя до лопаток турбинного колеса и КПД стремительно падает. В отсутствие возможности стопорения реакторного колеса на режимах трансформации момента ГДТ переходит в ГДМ, не трансформируя момент. И хотя ГМП продолжает выполнять свои функции, показатели эффективности выполнения транспортной работы резко снижаются (уменьшается производительность, возрастает расход топлива).

Предложенные алгоритмы определения технического состояния ГДТ, реализованные в принципиально новой системе диагностирования ГДТ, обеспечивают своевременную оценку фактического технического состояния.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Диагностирование гидромеханических передач мобильных машин : монография / Н. Н. Горбатенко [и др.]; под общ. ред. В. П. Тарасика. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2010. – 511 с. : ил.

А. С. МОСТОВОЙ, Н. В. ТЕСЛИНА, А. З. БЕКЕШЕВ

Научный руководитель Ю. А. КАДЫКОВА, д-р техн. наук, доц.
Энгельский технологический институт (ф-л)
ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет
им. Гагарина Ю. А.»
Энгельс, Россия

По объему производства и степени потребления эпоксидные связующие занимают важное место в мировой промышленной индустрии и находят широкое применение в различных отраслях потребления. Однако вместе с положительными технологическими и эксплуатационными свойствами эпоксидные смолы обладают существенными недостатками – высокая воспламеняемость, горючесть и хрупкость, что ограничивает области их использования.

Целью работы является рецептурная модификация эпоксидных смол, обеспечивающая повышение их физико-химических и деформационно-прочностных свойств, с использованием в качестве модификатора-замедлителя горения – Fyrolflex (FF) и высокоэффективного наполнителя – охры.

Определено оптимальное количество вводимого FF в эпоксидную смолу (40 масс. ч.), обеспечивающее повышение физико-механических свойств композита, а также повышающее (с 19 до 28 % объемных) кислородный индекс по сравнению с немодифицированной эпоксидной смолой, таким образом, разработанный материал не поддерживает горение на воздухе и относится к классу трудновоспламеняемых.

Введение охры как в качестве структурирующей добавки (0,5 масс. ч.), так и в качестве наполнителя (75 масс. ч.) позволило повысить физико-механические свойства композита. Доказано, что охра оказывает влияние на процессы структурообразования эпоксидной композиции, что проявляется в сокращении продолжительности гелеобразования с 27 до 17–22 мин и продолжительности отверждения с 38 до 29–30 мин, при этом отмечено повышение максимальной температуры отверждения с 88 до 96–99 °С. Доказано, что введение охры в эпоксидный композит обеспечивает повышение термостойкости композита, что проявляется в смещении начальной температуры основной стадии деструкции в область более высоких температур (с 230 до 240–245 °С), при этом также отмечено повышение выхода карбонизованных структур с 54 до 58–76 %.

Таким образом, охра может служить эффективным наполнителем, придавая эпоксидному композиту улучшенные эксплуатационные свойства.

УДК 621.9
ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОГО ЛЕГИРОВАНИЯ ОКСИДОМ
ИТТРИЯ НА СТРУКТУРУ И МИКРОТВЕРДОСТЬ СИЛУМИНА

К. А. ОСИНЦЕВ, С. В. КОНОВАЛОВ, *К. А. БУТАКОВА,
*Д. В. ЗАГУЛЯЕВ, *В. Е. ГРОМОВ

ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет
им. акад. С. П. Королева»
*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»
Самара, Новокузнецк, Россия

Одним из перспективных способов упрочнения поверхности металлических изделий является электровзрывное легирование. Данный вид обработки позволяет формировать покрытие в результате электрического взрыва проводника. При этом упрочнение достигается за счет образования мелкодисперсных фаз в вязкой металлической матрице.

В работе в качестве взрываемого проводника использовали алюминиевую фольгу, на которой размещали порошок оксида иттрия. Материалом для исследования служил силумин марки АК10М2Н. Было обработано 6 образцов, отличающихся массой порошковых навесок оксида иттрия.

В ходе анализа структуры обработанного электровзрывным легированием силумина методами оптической микроскопии выявлено формирование многослойной структуры, которая состоит из покрытия, слоя термического влияния и подложки силумина. Толщина покрытия, в зависимости от режима обработки, варьируется от 17 до 110 мкм. Методами атомно-силовой микроскопии были определены размеры пор, обнаруженных в покрытии, и шероховатость покрытия и подложки. Размер пор в покрытии при различных режимах лежит в интервале от 3 до 9,5 мкм. Шероховатость покрытия находится в пределах 51,5–266,7 нм, подложки – 49–93 нм. При дюрOMETрическом анализе установлено, что среднее значение микротвердости полученных при электровзрывном легировании покрытий больше исходного значения в 1,9 раз.

Таким образом, электровзрывное легирование оксидом иттрия приводит к формированию многослойной структуры, состоящей из высокопористого покрытия, отличающегося повышенной микротвердостью, слоя термического влияния и подложки из силумина.

Работа выполнена при финансовой поддержке государственного задания (номер заявки 3.1283.2017/4.6).

УДК 622.684+656.07+658.286
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ
КАРЬЕРНОГО ТРАНСПОРТА ЗА СЧЕТ СНИЖЕНИЯ ПРОСТОЕВ В
ОЖИДАНИИ РЕМОНТА

А. С. СЕМЬКИНА

Научный руководитель Н. А. ЗАГОРОДНИЙ, канд. техн. наук, доц.
ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова»
Белгород, Россия

Ожидание проведения технического обслуживания или ремонта карьерной техники приводит к возникновению простоев транспорта, что является причиной нарушения процесса производства и добычи железорудного сырья в карьере и приводит к увеличению материальных и временных затрат.

В целях снижения простоев карьерного транспорта требуется:

- 1) создание ремонтных площадок на горно-обогатительном предприятии и непосредственно в карьере для устранения неисправности на местах поломки;
- 2) наличие запасных частей и расходных материалов;
- 3) наличие квалифицированных специалистов для выполнения ТО и ремонта карьерной техники;
- 4) организация ремонтной службы на горно-обогатительном предприятии;
- 5) привлечение сторонних организаций для качественного и скорейшего восстановления работоспособности карьерной техники;
- 6) анализ возникновения неисправностей и применение методов повышения долговечности и работоспособности узлов и агрегатов карьерной техники;
- 7) осуществление регулярного контроля технического состояния карьерного транспорта;
- 8) наличие дополнительных единиц техники для осуществления безостановочной работы процесса транспортирования в момент проведения ТО или ремонта другого транспорта.

Установлено, что снижение простоев карьерного транспорта достигается за счет постоянного мониторинга контроля возникающих неисправностей в процессе эксплуатации техники. Снижение простоев карьерного транспорта и своевременное устранение неисправностей позволит повысить безопасность транспорта и увеличить объемы добычи сырья.

УДК 629.113
АНАЛИЗ ТОРМОЗНЫХ СИСТЕМ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ И БАЗЫ
ДЛЯ ИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

А. А. РАДЕВИЧ
Научные руководители В. П. ЛОБАХ, канд. техн. наук, доц.;
В. Н. ШАРКОВ
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
Могилев, Беларусь

Транспортные средства категорий L (мототранспорт), M и N (пассажирские и грузовые автомобили) оборудуются тормозными системами, состоящими из тормозного привода и тормозных механизмов. Что касается привода, то наиболее часто используется механический, гидравлический и пневматический. Между тем существует большая потребность в управлении транспортными средствами людьми с ограниченными возможностями, для которых наиболее рациональным является электрический привод, который, обладая минимальным временем срабатывания и простотой конструкции и управления, позволяет достаточно просто автоматизировать процесс торможения.

С целью повышения эффективности работы тормозных систем приводы оборудуются различными автоматическими устройствами, в первую очередь антиблокировочными системами (АБС), которые предотвращают блокировку колес при торможении.

В качестве колесных тормозных механизмов используются барабанные и дисковые, которые обладают рядом достоинств.

С целью совершенствования тормозных систем в целом и их устройств проводятся различные ходовые и стендовые испытания, что требует достаточно сложного оборудования.

На кафедре «Техническая эксплуатация автомобилей» для проведения таких исследований имеется различное оборудование. На нем можно экспериментально определить работоспособность испытуемых устройств тормозных систем (тормозные механизмы, привод, АБС и др.), а также их параметры (тормозной момент, давление в приводе, угловую скорость колеса, тормозной путь и др.), для чего применяются различные измерительные приборы и оборудование (тахометры, осциллографы и др.).

Однако и оно имеет недостатки, например, большая стоимость, сложность конструкции и управления, большие габариты, необходимость в большом по площади помещении и др.

Тормозные системы и их устройства, методы и оборудование для их исследования требуют дальнейшего совершенствования.

УДК 621.771
ИССЛЕДОВАНИЕ СОВМЕЩЕННОГО ПРОЦЕССА
«ПРОКАТКА – РКУП» ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ УМЗ-СТРУКТУРЫ

Е. А. ПАНИН
Научные руководители Т. А. КОЙНОВ, д-р техн. наук, доц.;
С. Н. ЛЕЖНЕВ, канд. техн. наук, доц.
Карагандинский государственный индустриальный университет
Темиртау, Казахстан

Повышение эксплуатационных характеристик деформируемого металла можно обеспечить формированием в металле ультрамелкозернистой (УМЗ) структуры. Однако реализация в промышленности способов деформации для получения УМЗ материалов требует разработки новых технических решений. Был разработан новый способ деформирования «прокатка – РКУ-прессование», отличающийся от существующих технологий прессования тем, что в результате появляется возможность обеспечить непрерывность процесса деформирования, а также снимаются ограничения по размерам исходных заготовок.

Было проведено опробование разработанной лабораторной установки (рис. 1) путем деформирования заготовок из алюминиевого сплава 6063. Установлено, что совмещенный процесс «прокатка – РКУ-прессование» имеет неоспоримые преимущества перед РКУП: более интенсивное измельчение зерна и более высокие механические характеристики деформируемого металла.



Рис. 1. Установка совмещенного процесса «прокатка – РКУП»

Проведено изучение влияния различных предварительных режимов ТМО на микроструктуру и выявлено, что предложенный режим предварительной термообработки (отжиг + закалка) является эффективным способом получения УМЗ-структуры в алюминиевом сплаве 6063 после совмещенного процесса «прокатка – РКУ-прессование». Использование данного режима ТМО в сочетании с тремя циклами совмещенного процесса позволяет достичь размера зерен 600–800 нм.

УДК 669

ИССЛЕДОВАНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИИ СПЛАВА
Al-Cu-Li-Mg-Zn-Zr-Sc В ЛИТОМ И ГОРЯЧЕКАТАНОМ
СОСТОЯНИИ

И. Н. ПЕТРОВ, А. П. БАТУРИН, Ю. П. УДОВЕНКО

Научный руководитель Я. А. ЕРИСОВ, канд. тех. наук, доц.
ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет»
Самара, Россия

Оценка влияния исходной структуры и температурно-скоростных условий обработки на деформационное поведение алюминий-литиевого сплава В-1461 осуществлялась с помощью физического моделирования процесса горячей деформации на установке Gleeble-3800.

Диапазон скоростей и температурные условия при испытании подбирались таким образом, чтобы перекрыть все процессы горячей деформации обработки металлов давлением, применяемые при изготовлении полуфабрикатов из алюминий-литиевого сплава В-1461.

В ходе испытания установлено, что для литых и катаных образцов при постоянной скорости деформации напряжения деформирования падают с ростом температуры испытаний, а увеличение скорости деформации при постоянной температуре сопровождается ростом напряжений. Необходимо отметить, что при прочих равных условиях напряжения течения катаных образцов превышают аналогичные напряжения литых образцов.

И для литых, и для катаных образцов напряжения течения при малых деформациях быстро нарастают, достигая максимального значения, а затем для большинства рассматриваемых режимов наблюдается незначительное падение напряжений до некоторого установившегося значения, которое сохраняется на всем протяжении процесса. Это означает, что скорость разупрочнения равна скорости деформационного упрочнения.

С целью анализа и прогнозирования деформационного поведения алюминий-литиевого сплава В-1461 рассчитаны параметры модели пластического течения, включающей параметр Зинера-Холломона Z и закон гиперболического синуса.

В целом параметры реологической модели слабо зависят от исходного состояния материала, а, следовательно, при моделировании любых процессов горячего деформирования можно использовать одни и те же параметры независимо от структуры обрабатываемого материала.

УДК 72.01

ФОРМИРОВАНИЕ ВИЗУАЛЬНЫХ КОММУНИКАЦИЙ ДЛЯ
МАЛОМОБИЛЬНЫХ ГРУПП НАСЕЛЕНИЯ

И. Э. ЛИННИК, А. В. БОЧАРОВ

Харьковский национальный университет городского хозяйства
им. А. Н. Бекетова
Харьков, Украина

Эргономика вносит свой вклад в разработку научно обоснованных рекомендаций по формированию среды, не создает препятствий для маломобильных групп населения. С 2006 г. вступила в силу Конвенция ООН «О правах лиц с инвалидностью», отмечающая важность предоставления физически ограниченными людям возможности быть независимыми и полноправными участниками всех аспектов социальной жизни, что невозможно без полного обеспечения доступной окружающей среды для инвалидов [1]. Независимо от формы донесения информации визуальная коммуникация должна отвечать следующим четырем критериям: ясность, полнота, точность, своевременность. В ДБНВ.2.2-17: 2006 [2] определено, что системы средств информации и сигнализации должны быть комплексными и предусматривать визуальную, звуковую и тактильную информацию, обеспечивать непрерывность информации, своевременное ориентирование и однозначное распознавание объектов и мест посещения.

Организация системы визуальных коммуникаций для маломобильных групп населения должно происходить в соответствии со следующими принципами: комплексности, целевой направленности, легкости восприятия, безопасности, надежности, экономичности, эстетичности.

Среда, организованная с учетом всех этих принципов и требований, будет для маломобильных групп населения доступной, безопасной и комфортной, существенно повысит качественный уровень жизни, будет способствовать их социализации и общественной активности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конвенция о правах лиц с инвалидностью [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/995_g71.
2. ДБНВ.2.2-17:2006. Здания и сооружения. Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения [Действующий от 05 янв. 2007г.]. Киев: Минстрой Украины, 2007. – 21с.

В. В. ГЕРАЩЕНКО, В. Д. РОГОЖИН, Г. С. МИГУРСКИЙ
 ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
 Могилев, Беларусь

В настоящее время стоит проблема диагностирования такого агрегата, как двигатель внутреннего сгорания и систем питания. Применение метода отключения цилиндров, предложенный авторами работы [1], имеет недостаток в том, что при диагностировании не определено техническое состояние электромагнитных форсунок, что делает его менее экологичным и топливно-экономичным.

Известен способ стендового диагностирования электромагнитной форсунки [2]: ее устанавливают на испытательный стенд, подают на форсунку заданное давление посредством микроэлектродвигателя переменного тока, установленного на стенде, прикладывают к обмотке форсунки прямоугольные импульсы напряжения, увеличивая частоту их следования. Посредством двухканального осциллографа получают осциллограмму тока, протекающего по обмотке форсунки, в виде апериодической кривой первого порядка совместно с осциллограммой прямоугольного управляющего импульса. Определяют постоянную времени электрической части форсунки, используя совмещенные осциллограммы прямоугольного импульса напряжения и тока. Сравнивают полученную постоянную времени с нормативной и, если полученная постоянная времени превышает нормативную величину, принимают решение о наличии неисправностей.

Метод диагностирования форсунки хорошо адаптируется в бортовом диагностировании двигателя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Лобах, В. П.** Анализ методов и средств для диагностирования двигателей внутреннего сгорания / В. П. Лобах, Г. С. Мигурский // 54-я студ. науч.-техн. конф. : материалы конф. – Могилев : Беларус.-Рос ун-т, 2018. – С. 131–133.
2. **Пат. 19957 РБ, МПК G 01M 15/00 F 02M 65/00.** Способ стендового диагностирования электромагнитной форсунки двигателя внутреннего сгорания автомобиля / В. В. Герашенко, В. Д. Рогожин, А. А. Метто ; заявитель и патентообладатель В. В. Герашенко, В. Д. Рогожин, А. А. Метто. – № а 20130380 ; заявл. 27.03.2013 ; опубл. 07.12.2015. – 4 с.

А. Н. ПОТАПЧИК

Научный руководитель А. Л. ЕГОРОВА, канд. техн. наук, доц.
 УО «Белорусский государственный технологический университет»
 Минск, Беларусь

Распространенным методом отверждения эпоксидных лакокрасочных материалов является применение аминных отвердителей. Влияние природы аминного отвердителя проявляется в технологических, физико-механических и защитных свойствах получаемых покрытий. При производстве эпоксидных антикоррозионных лакокрасочных материалов большое внимание уделяется защитным свойствам формируемых покрытий, в том числе значению водопоглощения.

Для изучения водопоглощения был отобран ряд отвердителей с различными аминными числами. Испытания проводили на неадгезированных пленках, полученных из эпоксидной смолы CHS-Ероху 210×75 (массовая доля нелетучих веществ 76,1 %, количество эпоксидных групп 1,772 ммоль/г) и различных отвердителей (табл. 1). Значение водопоглощения оценивали по количеству поглощенной воды, рассчитанному весомым методом, после погружения пленок в воду в течение заданного времени.

Табл. 1. Аминное число отвердителей и значения водопоглощения пленок

Отвердитель	Аминное число, мгКОН/г	Водопоглощение (%) в зависимости от соотношения отвердитель:смола (к стехиометрическому количеству)		
		0,9:1,0	1,0:1,0	1,1:1,0
модифицированный аминный отвердитель аддуктивного типа	144	3,89	4,01	5,22
модифицированный аминный отвердитель аддуктивного типа	320	1,65	1,50	20,74
тетраэтиленпентамин	1253	0,00	0,00	0,30

Как видно из табл. 1, наименьшим водопоглощением характеризуются покрытия, отвержденные тетраэтиленпентамином. С увеличением аминного числа отвердителя наблюдалось уменьшение водопоглощения. Это объясняется возрастанием плотности швов при применении отвердителя с большим аминным числом. С увеличением соотношения отвердитель:смола в диапазоне от 0,9:1,0 до 1,1:1,0, наблюдалось увеличение водопоглощения покрытий, что связано с гидрофильностью аминных отвердителей и наличием остаточных несвязанных аминных групп.

УДК 685.34.082
ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛИУРЕТАНОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ
ДЛЯ НИЗА ОБУВИ С ВОЛОКНИСТЫМ НАПОЛНИТЕЛЕМ

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

В настоящее время полимерные материалы на основе полиуретанов и различных наполнителей широко используются в различных отраслях промышленности. Особенность полиуретанов – исключительно высокие физико-механические свойства, способствующие их конкуренции с природными материалами. Высокая стоимость получаемых материалов ограничивает сферы их применения. Введение наполнителей и использование вторичных материалов частично решает эту проблему. В качестве наполнителя использовали отходы, получаемые в результате стрижки ковров.

Технология получения полиуретановых композиций для низа обуви с волокнистым наполнителем включает в себя следующие этапы:

- измельчение: осуществляется на измельчителе универсальном роторном ИУР 200В (отходы ППУ дробили до размеров 5–7 мм);
- смешивание: обеспечивает безотходную переработку материала, осуществляется в лопастной мешалке;
- гранулирование: осуществляется на шнековом экструдере ЭШ-80Н4 при температурах от 145 до 165 °С с получением гранул размером 2–4 мм;
- литье: осуществляется на машине Main Group SP345/3.

В результате проведенной апробации была получена композиция, обладающая неплохими физико-механическими и эксплуатационными свойствами. Были проведены испытания материалов, а также отлиты подошвы. Для оценки качества полученных материалов и подошв определяли следующие показатели: толщина, плотность, твердость, относительное удлинение при разрыве, прочность, сопротивление истиранию, сопротивление многократному изгибу. Установлено, что физико-механические и эксплуатационные свойства композиций с волокнистым наполнителем находятся в рамках нормируемых. Данные композиции могут быть основой для использования в производстве деталей низа обуви: подошв, каблучков и набоек. Исследование физико-механических и эксплуатационных свойств этих композиций показало, что они обладают достаточными свойствами для того, чтобы рекомендовать их в производстве обуви. Кроме того, может быть получен существенный экономический эффект.

УДК 658.5:629.331
ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЕКТИРОВАНИИ
И ПРОИЗВОДСТВЕ КОМПОНЕНТОВ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

А. И. БЕЛЯКОВА, А. Н. БУЛАНОВ
Научный руководитель В. А. ГОЛКИНА, канд. техн. наук
ФГБОУ ВО «Ярославский государственный технический университет»
Ярославль, Россия

В настоящее время разработано множество ГОСТов в части разработки продукции и постановки ее на производство. Все они сводятся к составлению некоего плана-графика выполнения работ. Ошибки, которые возникают, в результате выявляются непосредственно у потребителя. При этом 80 % всех отказов (дефектов) связаны с конструкцией.

При планировании производства новой продукции в автопроме применяют APQP [1]. Зачастую, при реализации проекта разработки транспортного средства или изготовления его компонента, уходит по времени от 14 до 48 месяцев. После идет последующая доработка конструктива и изготовление новых компонентов. При этом идет накопление DFMEA, PFMEA, чертежей с различными индексами после доработки, специальные характеристики, планы управления и т. д. Использование программ по созданию 3D моделей позволит конструктору-разработчику увидеть ее во всех плоскостях, а, дополнительно используя программы сборки, видеть не только деталь, но и ее взаимодействие с другими компонентами. Однако при этом конструктор опирается на расчетные характеристики параметров своего изделия, которые впоследствии войдут в DFMEA. Применение 3D-принтера и печать детали (узла, компонента) позволит еще на этапе «Планирования и разработки продукции» выявлять дефекты, а также отработать метод обработки и сборки отдельных компонентов. 3D-сканирование и технологии виртуальной реальности позволят дополнять модели различными деталями и компонентами, не прибегая к реализации их масштабных моделей.

Применение 3D и аддитивных технологий позволит сократить сроки разработки новой продукции, увидеть потенциальные несоответствия и избежать недовольство потребителя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ссылочное руководство, второе издание: APQP– перспективное планирование качества продукции и план управления [Текст] / Е. Г. Воинова [и др.] // Нижний Новгород: Изд-во ООО СМЦ «Приоритет», 2010. – 45 с.

УДК 664.6, 636.934

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОТДЕЛЕНИЯ ВОЛОСЯНОГО ПОКРОВА ОТ ШКУР КРОЛИКОВ

Е. А. ШАМИН, М. В. БЕЛОВА

Научный консультант Г. В. НОВИКОВА, д-р техн. наук, проф.
ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный инженерно-экономический
университет»
Княгинино, Россия

В условиях фермерских хозяйств обработать шкуры кроликов не рентабельно. Объектом исследования являются технологические процессы, обеспечивающие ослабление силы удерживаемости волосяного покрова в коже шкур кроликов и сбор пухового сырья; экспериментальные образцы сверхвысокочастотных (СВЧ) установок с нетрадиционными конструктивными исполнениями резонаторов, реализующих микроволновую технологию в непрерывном режиме с обеспечением электромагнитной безопасности. Вычисления распределения электромагнитного поля (ЭМП) в нетрадиционных резонаторах проводили в программе CST Microwave Studio и по их результатам обосновали эффективные параметры электродинамической системы СВЧ установок (напряженность, добротность, мощность). Практическую значимость представляют разработанные, изготовленные и апробированные в фермерских хозяйствах СВЧ установки с новыми конструктивными исполнениями рабочих камер в виде: цилиндрических, тороидальных, коаксиальных, эллипсоидных, биконических резонаторов. Установки обеспечивают отделение пухового сырья от кожи шкур, мездровая сторона которой пропитана гомогенизированной сброженной смесью из ржаной муки, воды, дрожжей, горчичного порошка и соли (опарой). При воздействии электромагнитного поля СВЧ происходит разрушение волосяной луковицы, полное разрыхление слоя эпидермиса, в результате чего достигается ослабление силы удерживаемости волосяного покрова в дерме и при незначительном давлении на всасывание пылесоса, отделяется легко. Наиболее эффективной является СВЧ установка с симметричным биконическим резонатором, производительностью 35–45 шт/ч, потребляемой мощностью 5,55 кВт, энергетическими затратами 0,3 кВт·ч/кг. Биконический резонатор обеспечивает: непрерывность технологического процесса, за счет щелей в вершинах конуса с сохранением радиогерметичности; высокую напряженность электрического поля, достаточную для обеззараживания пухового сырья; обладает высокой собственной добротностью. При передвижении шкуры, пропитанной опарой через биконический резонатор, одновременно происходит его обеззараживание за счет обеспечения напряженности электрического поля выше 1,5 кВ/см. Годовой экономический эффект от применения СВЧ установки производительностью 40 шт/ч составляет 200 тыс. р.

УДК 621.9

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОННО-ПУЧКОВОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ТЕХНИЧЕСКИ ЧИСТОГО ТИТАНА VT1-0

М. С. РЕТЮХИН, И. А. КОМИССАРОВА, *А. В. ФЕОКТИСТОВ,
*Д. А. КОСИНОВ, **Ю. Ф. ИВАНОВ, С. В. КОНОВАЛОВ

ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет
им. акад. С. П. Королева»

*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»

**Институт сильноточной электроники СО РАН

Самара, Новокузнецк, Томск, Россия

Электронно-пучковая обработка (ЭПО) представляет собой метод воздействия высококонцентрированного потока энергии в импульсном режиме и является перспективным методом локальной обработки поверхности с широкими возможностями регулирования подводимой энергии.

Исследовано влияние ЭПО на структуру и механические свойства образцов из технически чистого титана VT1-0, которые были подвергнуты усталостным испытаниям после обработки электронным пучком. ЭПО проводилась на установке «СОЛО» в Институте сильноточной электроники СО РАН. Для исследования были выбраны образцы, облученные двумя разными режимами обработки, отличающимися разной плотностью энергии пучка 10 и 15 Дж/см², а также образцы, необработанные ЭПО, которые тоже были подвергнуты усталостным испытаниям. Усталостные испытания проводились по схеме многоциклового асимметричного консольного изгиба при комнатной температуре.

Исследование механических свойств, в частности микро- и нанотвердости, проводилось на микротвердомере Matsuzawa ММТ-Х7В, нагрузка 100 г и сканирующем микроскопе-нанотвердомере Наноскан-4D, нагрузка 9000 мН. Состояние структуры поверхности облучения оценивалось на сканирующем электронном микроскопе TESCAN VEGA SB.

Результаты работы показали многократное увеличение усталостного ресурса, микро- и нанотвердости для образца с плотностью энергии пучка 10 Дж/см². Для образца с плотностью энергии 15 Дж/см² был зафиксирован небольшой прирост в усталостном ресурсе, микро- и нанотвердости, по сравнению с необработанным образцом. Для обоих образцов после ЭПО был замечен градиентный характер изменения механических свойств.

Анализ структуры облученной поверхности показал характерное влияние электронного пучка: наличие разглаженной от механической обработки и оплавленной поверхности, микрокапель и кратеров в области воздействия электронного пучка.

Исследования выполнены при финансовой поддержке грантов РФФИ №17-32-50003 мол_нр, №16-32-60048 мол_а_дк.

М. А. СЕДЫХ

Научный руководитель Е. В. МИКРЮКОВА, канд. техн. наук, доц.
ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»
Йошкар-Ола, Россия

Возрастание спроса на облегченные материалы на основе древесины обусловлено желанием производителей уменьшить производственные затраты. Это связано с тем, что такие материалы решают проблему комплексного использования древесины и снижения материалоемкости изделий из нее. Облегченные плитные материалы популярны в дизайне интерьера, где необходимо придать массивные формы, но при этом сохранить не-большой вес конструкции.

Разработан конструкционный плитный материал, представляющий облегченную плиту, наружные слои которой выполнены из листового материала каждый, а внутренний слой в виде упорядоченно размещенных цилиндрических частей картонных гильз, полученных в результате поперечной резки. Наружные слои и внутренний слой соединены путем склеивания. Наружные слои изготавливаются из листового, преимущественно древесного, материала (например, древесина, мебельный щит, фанера, шпон, древесноволокнистая и древесностружечная плиты и др.)

Отличием от существующих аналогов облегченных материалов является снижение материалоемкости плитного материала, за счет рационального использования отходов в виде картонных гильз. По предварительным расчетам, средний удельный вес конструкционного плитного материала толщиной 20–60 мм будет составлять 250–400 кг/м³. Увеличение толщины наружных слоев приведет к увеличению удельного веса на 20–40 %, но при этом прочность на изгиб увеличится почти в 2 раза.

По сравнению с аналогичным материалом – тамбуратом (плитами с сотовым заполнением) прочность на сжатие нового материала в 6–10 раз выше и составляет 0,9–1,5 МПа. Из-за большей жесткости картонных гильз по сравнению с сотовым заполнением новый материал имеет меньшие деформации при его эксплуатации. Прочность на изгиб нового материала составит 12–15 МПа, что в 1,5–2 раза выше, чем у плит с сотовым заполнением при одинаковом удельном весе материалов.

Описанный конструкционный плитный материал может применяться для изготовления мебели, внутреннего наполнения дверей, в качестве перегородок.

И. Н. УРЫВСКИЙ

Научный руководитель А. А. ПЛАТОНОВ, канд. техн. наук, доц.
ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения»
Ростов-на-Дону, Россия

В настоящее время для дорог России и мира продолжает оставаться актуальной проблема борьбы с нежелательной древесно-кустарниковой растительностью (в т. ч. порослью), произрастающей в полосе отвода дорог. К одним из перспективных механических методов [1] относится удаление нежелательной поросли роторным (мульчерным) рабочим органом, обеспечивающим удаление не только надземной, но и корневой частей растений, при этом в исследовании [2] была приведена соответствующая математическая модель.

Однако при детальном анализе данной математической модели были выявлены некоторые неточности. Так, моделированием сферического рабочего пространства в среде твердотельного моделирования КОМПАС-3D V16 и Microsoft Excel 2013 было установлено, что вместо требуемой площади, ограниченной двумя кривыми, определяемыми максимальным и минимальным радиусами работы манипулятора R_{\max} и R_{\min} , осуществляется определение площади трапеции. Было установлено, что отклонение между фактической и моделируемой частью шарового сектора сферического рабочего пространства достигает 3,68 %. Несмотря на кажущуюся незначительность такого отклонения, вышеуказанные положения не позволяют считать приведенную в работе [2] математическую модель полностью соответствующей реальному процессу формирования сферического рабочего пространства рабочим органом, управляемым манипуляторной установкой, установленной на транспортном средстве. Таким образом, ряд математических формул в вышеуказанной математической модели требует уточнения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Платонов, А. А. Технологические процессы удаления нежелательной растительности различными средствами механизации / А. А. Платонов // Resources and Technology. – 2017. – Т. 14. – № 2. – С. 33–48.
2. Платонов, А. А. Аналитическое исследование сферического рабочего пространства манипуляторных машин / А. А. Платонов // Наука и техника транспорта. – 2018. – № 2. – С. 67–77.

Д. В. УВАКИНА, *С. А. ВОЙНАШ, Р. Ю. ДОБРЕЦОВ
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет
Петра Великого»
*Рубцовский индустриальный институт (ф-л)
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»
Санкт-Петербург, Рубцовск, Россия

В статье [1] рассмотрен подход к построению трансмиссии для гибридной силовой установки параллельного типа, подразумевающий использование тягового электродвигателя (ТЭД) в ветви механизма поворота или механизма распределения мощности. Для вновь создаваемой малогабаритной гусеничной машины можно предложить схему более простую, но обладающую аналогичными свойствами [1].

Данная схема механизма передачи и поворота (МПП) содержит два двигателя Д1 (2) (два ТЭД, или ДВС и ТЭД), подключенные через редукторы Р1 (2). Двигатели соединены с солнечными шестернями простых планетарных рядов (по два на борт), с водил которых мощность подается через бортовые редукторы к ведущим колесам. Эпициклические шестерни этих рядов выведены на тормоза $T_{1(2)n(n)}$, используемые для управления режимами работы трансмиссии (прямолинейное движение и поворот с различными вариантами подключения двигателей). Тормоза $T_{0n(n)}$ связаны с водилами механизмов и являются остановочными.

Все режимы движения являются устойчивыми. МПП имеет два расчетных радиуса поворота. Важной особенностью является зависимость расчетного одного радиуса поворота от соотношения частот вращения двигателей. За счет реверса одного из ТЭД возможен поворот на месте.

Изложенные принципы защищены патентом Российской Федерации [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Выбор схемного варианта построения трансмиссий военных машин с гибридной силовой установкой / Р. Ю. Добрецов [и др.] // Разработка и использование электрических трансмиссий для образцов вооружения и военной техники : материалы науч.-практ. конф. – Санкт-Петербург : ОАО «ВНИИТрансмаш», 2016. – С. 87–100.

2. Пат. 2652371 РФ, МПК F16H 3/72, B62D 11/14. Привод транспортного средства с двухпоточным бесступенчатым механизмом передач и поворота / Е.Г. Борисов, Р.Ю. Добрецов [и др.] ; заявитель и патентообладатель Научно-техническое закрытое ЗАО «Ровер». – № 2016144955 ; заявл. 15.11.2016 ; опублик. 25.04.2018, Бюл. № 12.

М. Н. СИВАЛЬНЕВА
Научный руководитель В. В. СТРОКОВА, д-р техн. наук, проф.
ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова»
Белгород, Россия

В связи с быстро изменяющимися экономическими и политическими факторами увеличиваются требования к строительным материалам и изделиям, которые непосредственно влияют на эффективность строительства в целом. Поэтому растет интерес к альтернативным видам минеральных вяжущих систем. К данному типу вяжущих относится наноструктурированное вяжущее (НВ) силикатного состава [1]. Оно применяется для производства материалов различного назначения, в том числе для пенобетонов неавтоклавного твердения.

Для повышения и улучшения эксплуатационных характеристик пенобетона на основе НВ предлагается армирование фиброй.

При изготовлении пенобетонных смесей важную роль играет последовательность смешения компонентов, что оказывает влияние на технологические свойства пены и физико-механические характеристики затвердевшего композита. Обзор технологических особенностей получения фибропенобетонов и способов введения волокнистых наполнителей позволил выявить наиболее подходящие, которые были экспериментально апробированы. Предложено три наиболее перспективных способа получения фибропенобетонных смесей на основе НВ, которые были проработаны по степени повышения эффективности: 1 – введение фибры в пену; 2 – в пеномассу; 3 – в водный раствор пенообразователя.

Выбор оптимального способа позволит достичь равномерного распределения армирующего компонента по объему и получить композиты с высокими теплофизическими характеристиками.

Рассмотрены технологические особенности получения фибропенобетонных композитов на основе бесцементного НВ, выявлены оптимальные параметры армирования, позволяющие повысить качественные показатели материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Череватова, А. В. Минеральные наноструктурированные вяжущие. Природа, технология и перспективы применения: монография / А. В. Череватова, В. В. Строкова, И. В. Жерновский. – Белгород : изд-во БГТУ, 2010. – 161 с.

Р. В. СИДЕЛЬНИКОВ, Н. И. ЧЕРКАШИНА
Научный руководитель В. И. ПАВЛЕНКО, д-р техн. наук, проф.
ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова»
Белгород, Россия

Космические условия могут вызывать множество эффектов, таких как изменение оптических характеристик или загрязнение материалов [1]. При разработке новых полимерных материалов для космической техники необходимо изучать процессы дегазации в условиях глубокого вакуума. Стандартами определены критерии для принятия и отказа использования материалов в космическом пространстве. Потеря массы в течение 24 ч не должна превышать 1 % [2]. В данной работе проведены исследования по изучению композитов на основе полиалканимида и SiO₂ в условиях глубокого вакуума. На рис. 1 представлена кинетика потери массы композита с 65 % содержанием наполнителя.

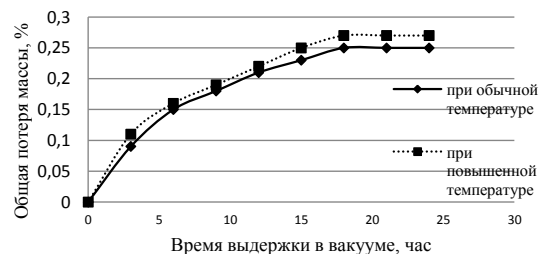


Рис. 1. Зависимость потери массы от времени выдержки в вакууме

Анализ рис. 1 показал, что потеря массы композита не превышает 1 %, что соответствует требованиям стандартных документов [2].

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №17-79-100750).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Деградация оптических характеристик полиалканимида при облучении электронами / Н. И. Черкашина [др.] // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2016. – № 11. – С. 173–176.
2. ASTM standard E 595. Standard test methods for Total Mass Loss and Collected Volatile Condensable Materials from Outgassing in Vacuum Environment. – 1999. – 25 p.

С. Е. РУДОВ
ФГКВООУ ВО «Военная академия связи им. Маршала Советского Союза
С. М. Буденного»
Санкт-Петербург, Россия

Лесозаготовительное производство включает три основных этапа: лесосечные работы, транспортировка заготовленной древесины, лесной склад. В последние годы количество и удельный вес колесных машин в лесозаготовительной отрасли России постоянно растет. Это связано, на заготовке древесины, с преобладанием колесных машин лесозаготовительных машин для скандинавской заготовки древесины – харвестеров и форвардеров, а также скиддеров. А на вывозке заготовленной древесины это связано с постоянным увеличением плеча вывозки, в связи с чем увеличивается и парк автолесовозов.

Анализ показателей работы транспортных участков ряда средних и крупных лесозаготовительных предприятий показывает, что затраты на шины (ремонт и приобретение новых) входят в топ-100 статей расходов на работу автолесовозов, уступая только затратам на топливно-смазочные материалы, заработную плату.

На автомобилях военного назначения устанавливаются системы контроля давления в шинах, но их стоимость и целевое назначение не позволяют их эффективно использовать на колесных лесных машинах, включая лесовозы и лесозаготовительную технику.

Вместе с тем, отсутствие оперативного контроля давления в шинах приводит к их ускоренному износу, увеличению затрат на их ремонт, повышенному расходу топлива, риску снижения управляемости машины.

Современные технические решения, оптимальные по соотношению цена/качество, заключаются в установке на колеса датчиков, которые на определенной частоте периодически передают данные на дисплей, находящийся в кабине машины. Кроме того, эти данные могут в онлайн-режиме передаваться на диспетчерский пункт предприятия для оперативного контроля.

Практика эксплуатации лесовозов с системой контроля давления в шинах на крупнейших лесопромышленных компаниях России, таких как ГК ИЛИМ и ГК УЛК, показала, что вложения в систему могут окупиться менее чем за год, при условии одновременной подготовки и мотивации персонала к ее правильному использованию.

А. М. РОВСКИЙ, Н. В. КУРОЧКИН
 ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
 Могилев, Беларусь

На сегодняшний день существуют различные способы измельчения материалов. При работе с влажным материалом возникает необходимость решения дополнительных вопросов, таких как: адгезия рабочих элементов агрегата и перерабатываемого материала; заклинивание агрегата из-за наличия недробимых включений, если материал поступает на переработку непосредственно с карьера и прочее. Вариантом измельчения подобных материалов как мергель, цеолиты, глина, мел является устройство, в основе которого используется цепь, соединенная определенным образом и образующая сплошной гибкий элемент. Конструкция устройства для измельчения приведена на рис. 1.

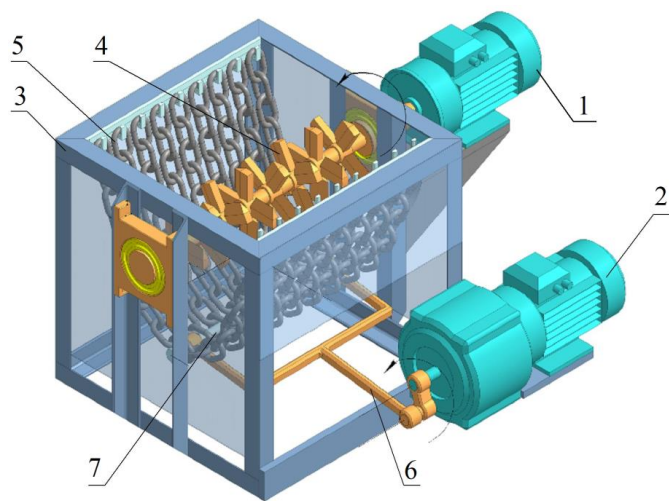


Рис. 1. Устройство для измельчения

Устройство представлено в виде двух приводов 1 и 2, которые присоединены к раме 3. Привод 1 вращает вал с лопатками 4, который способствует продвижению материала на сплошной цепной гибкий элемент 5. Привод 2 при помощи кривошипно-шатунного механизма 6 перемещает стержень 7, соединенный с цепным элементом в нижней точке его провисания. Благодаря одновременной работе двух приводов, обеспечивается высокая производительность работы устройства.

К. И. ТАРУТЬКО
 Научный руководитель И. М. ГРОШЕВ, канд. техн. наук, доц.
 ОАО «Витебскдрев»
 Витебск, Беларусь

Рост производственных мощностей предприятий Республики Беларусь приводит к увеличению количества образующихся отходов, в том числе отходов, не находящих применения, что связано со снижением заинтересованности производителей в решении проблемы обращения с отходами из-за отсутствия технологий их переработки. В Республике Беларусь проводятся определенные работы по первичному учету на предприятиях и определению класса их опасности. Из свыше 700 наименований отходов класс опасности указан примерно для 100, что вносит неразбериху по их сбору и захоронению. Переход на путь экологического развития предполагает разработку кредитно-финансовой политики, направленной на приоритетное субсидирование природоохранных мероприятий, в т. ч. для кредитования работ по созданию технологий по переработке, утилизации и другим формам использования всех видов отходов.

В соответствии с Постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь «Об утверждении классификатора отходов, образующихся в Республике Беларусь» № 85 от 08.11.2007 г. все отходы подразделяются на 6 групп. Классификационными признаками при этом являются происхождение, класс опасности, агрегатное состояние, степень опасности, возможность использования.

Особый интерес, с точки зрения вторичной переработки, представляют текстильные отходы. Текстильные отходы по своей физической структуре, химическим свойствам обладают полезными свойствами, такими как: механическими, акустическими, теплофизическими и другими.

На текстильных предприятиях Республики Беларусь образуется около 4 тыс. тонн отходов в год, а утилизируется менее 10 %, остальные не имеют технологических решений по переработке в своей отрасли. Их в основном складывают и затем вывозят на полигон для дальнейшего захоронения. Поэтому использование таких отходов в качестве вторичных материальных ресурсов – важная экологическая, экономическая и социальная проблема.

Одним из направлений их переработки является получение композиционных материалов на основе коросодержащих древесных отходов и отходов легкой промышленности.

УДК 669:621.762
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕХАНИЧЕСКИ ЛЕГИРОВАННЫЕ ПОРОШКИ НА
ОСНОВЕ МЕТАЛЛОВ ДЛЯ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

А. С. ФЕДОСЕНКО

Научный руководитель Ф. Г. ЛОВШЕНКО, д-р техн. наук, проф.
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
Могилев, Беларусь

Покрyтия, наносимые газотермическим напылением, незаменимы во многих отраслях промышленности. Они находят широкое применение в нефтеперерабатывающей и энергетической промышленности, машино-, ракето-, авиастроении и т. д. Широко используются детали с таким типом покрытий и на крупных предприятиях Республики Беларусь.

Результаты исследований показали высокую эффективность использования для производства порошков для газотермического напыления технологии механического легирования. В результате исследований было установлено, что наиболее перспективными являются материалы следующих систем:

– Fe–Cr–C (*высокохромистые нержавеющие стали*). Порошки на основе данной системы используются для нанесения покрытий, отличающихся высокой твердостью и износостойкостью, работающих в условиях интенсивного трения скольжения;

– Fe–Cr–Ni–C (*высоколегированные коррозионно-стойкие стали аустенитного класса*). Они находят применение для упрочнения и восстановления деталей, эксплуатирующихся в условиях умеренных контактных нагрузок, повышенных температур и в присутствии агрессивных сред, а в ряде случаев могут служить заменой более дорогим и дефицитным материалам;

– Ni–Al (*сплавы, широко применяющиеся для нанесения жаростойких, жаропрочных, износостойких покрытий, отличающихся высокой прочностью сцепления с поверхностью детали*). Порошки данной группы используются для защитных покрытий деталей, работающих при повышенных и высоких температурах, в различных агрессивных средах;

– Fe–Al (*сплавы для напыления покрытий с высокой твердостью и износостойкостью, отличающиеся невысокой стоимостью*). Порошки на основе данной системы могут найти применение как заменители более дорогих материалов, включая высоколегированные быстрорежущие и коррозионно-стойкие стали, некоторые никелевые сплавы и т. д.

Покрyтия из механически легированных материалов перечисленных систем отличаются повышенной твердостью, износостойкостью, а также прочностью сцепления по сравнению с покрытиями из серийно выпускаемых материалов.

УДК 621.43

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ДЕЗАКСИАЛЬНОГО
КРИВОШИПНО-ШАТУННОГО МЕХАНИЗМА ДВС

П. С. МАКАРОВ

Научный руководитель Р. Н. ХМЕЛЕВ, д-р техн. наук, проф.
ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»
Тула, Россия

Одной из важнейших сил, действующих в кривошипно-шатунном механизме (КШМ) двигателей внутреннего сгорания (ДВС), является боковая сила, прижимающая поршень к стенке цилиндра и вызывающая износ ее поверхности. В современных ДВС для уменьшения этой силы (особенно в моменты «перекладки» поршня) вводится дезаксаж, обычно связанный со смещением оси поршневого пальца относительно оси поршня. Смещение оси поршневого пальца относительно оси поршня в автомобильных двигателях, как правило, лежит в диапазоне 1,0–2,5 мм.

С помощью разработанной математической модели проведен анализ динамики дезаксиального КШМ дизеля ТМЗ-450Д на номинальном режиме и, в частности, влияние величины дезаксажа на величину боковой силы N в цикле по углу поворота φ коленчатого вала.

Результаты расчетов показаны на рис. 1 для аксиального (N_0) и дезаксиальных КШМ ($N_{1,2}$, $N_{4,0}$, $N_{-1,2}$, у которых величины смещения оси цилиндра от оси коленчатого вала составляют 1,2; 4,0; -1,2 мм соответственно).

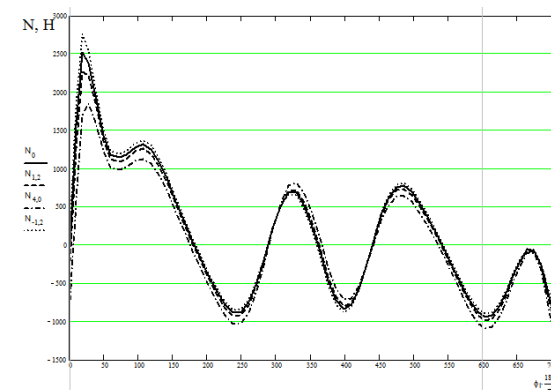


Рис. 1. Графики зависимости боковой силы N в цикле

Из рис. 1 следует, что для рассматриваемого двигателя дезаксаж, равный 1,2 мм, является наиболее рациональным.

И. А. ЛАГЕРЕВ
ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет
им. акад. И. Г. Петровского»
Брянск, Россия

Внедрение автоматизированных систем управления грузоподъемными машинами является одной из задач КНТП «Комплексное развитие интеллектуальных транспортных систем России» в рамках реализации Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации. При этом предполагается использование беспроводной связи, когнитивных и иных технологий [1].

Полностью автоматизировать работу манипулятора транспортно-технологической машины невозможно. Однако актуальным является создание автоматизированных систем управления, нацеленных на повышение производительности и предотвращение аварий [3].

В рамках гранта Российского научного фонда (проект №17-79-10274) выполняются научные исследования по разработке ряда систем автоматизированного управления:

– системы обеспечения устойчивости при различных режимах работы манипулятора, позволяющей управлять гидравлическими выносными опорами с анкерными устройствами с целью сохранения горизонтального положения и повышения грузовой устойчивости против опрокидывания мобильной транспортно-технологической машины;

– системы автоматического позиционирования рабочего органа манипулятора по заданной оператором траектории с заданной точностью.

Для создания указанных систем автоматического управления созданы цифровые аналоги объекта управления – математические модели [2, 3].

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №17-79-10274).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Указ Президента Российской Федерации «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» от 01.12.2016 № 642.
2. **Лагереv, И. А.** Динамика трехзвенных гидравлических кранов-манипуляторов: монография / И. А. Лагереv, А. В. Лагереv. – Брянск : БГТУ, 2012. – 196 с. : ил.
3. **Лагереv, И. А.** Моделирование рабочих процессов манипуляционных систем мобильных многоцелевых транспортно-технологических машин и комплексов: монография / И. А. Лагереv. – Брянск : РИО БГУ, 2016. – 371 с.

Н. В. ЦОБАНОВА
Научный руководитель А. Н. БУРКИН, д-р техн. наук, проф.
УО «Витебский государственный технологический университет»
Витебск, Беларусь

Полимерные изделия на основе отходов пенополиуретанов получают методом литья под давлением горячей смеси, включающей расплав вторичного полимерного сырья и модификаторы, с формованием изделия в специальных пресс-формах. В качестве вторичного полимерного сырья используют отходы полиуретана производства обувных предприятий.

С целью повышения технологичности переработки материала применяли дополнительные ингредиенты: масло индустриальное, стеарат кальция (твердый пластификатор композиции) и технический углерод, полученный в результате переработки древесного угля. Приготовление смеси компонентов заключается в их механическом смешении – совмещение компонентов композиций.

Отсортированные отходы полиуретана измельчаются на дробилке роторно-ножевого типа, смешиваются с наполнителями и другими ингредиентами и гранулируются, при этом температура в шнековом экструдере должна быть 140–180 °С. Далее идет охлаждение композита. Затем подготовленную композицию перед литьем подвергают дроблению до размеров гранул 2–4 мм.

Заключительной стадией процесса использования отходов является переработка гранулята в изделия. Измельченный композит поступает на литьевые агрегаты. Необходимо придерживаться следующих режимов при литье подошв: температура 150–180 °С; давление впрыска 40–60 МПа; время впрыска 15–40 с; время охлаждения 50–120 с. Для литья изделий использовали трехпозиционный статический литьевой агрегат SP 345-3 фирмы Main Group.

Исследование физико-механических и эксплуатационных свойств этих композиций показало, что полученные материалы можно использовать в качестве промежуточного слоя подошв, а также вкладышей в каблучную ее часть. Введение наполнителя позволяет улучшить эксплуатационные свойства композиции, а также регулирует технологические свойства и облегчает их переработку. Технический углерод, полученный в результате переработки древесного угля, не способствует повышению прочностных свойств, но улучшает реологические свойства при литье композиции.

Все эти решения позволяют существенно снизить себестоимость подошв и частично использовать отходы обувного производства.

Н. М. ШАЛУХО, М. И. КУЗЬМЕНКОВ, *Г. Г. ЧИСТЯКОВА,
*Г. Г. САХАР

УО «Белорусский государственный технологический университет»

*УО «Белорусский государственный медицинский университет»

Минск, Беларусь

Композиционные материалы химического отверждения на сегодняшний день являются весьма востребованными в стоматологической практике как зарубежных стран, так и Республики Беларусь и применяются для восстановления дефектов твердых тканей зубов у взрослых и детей, когда важно достичь эстетического эффекта. Материал получали синтезом полимерной матрицы и неорганического (стеклянного) наполнителя, подбором инициатора и активатора полимеризации. Отверждение материала происходило под действием химических реагентов при комнатной температуре или температуре полости рта. Преимуществом химической активации является равномерная полимеризация, независимо от глубины полости и толщины пломбы. Синтез полимерной матрицы осуществляли из метакрилатных мономеров. Наполнитель с заданными свойствами получали из алюмофторсиликатных стекол, кроме того вводились рентгеноконтрастные добавки. Помимо алюмофторсиликатного стекла в состав неорганического наполнителя вводили гидрофобный аэросил. Затем тонкоизмельченное модифицированное алюмофторсиликатное стекло смешивали с полимерной матрицей в соотношении 30:70. Сравнительная характеристика физико-механических и химических свойств разработанного материала «Мигрофил ХО» с требованиями стандарта представлена в табл. 1.

Табл. 1. Свойства композиционного стоматологического материала

Наименование показателей	ГОСТ Р 31574-2012	«Мигрофил ХО»
Предел прочности при диаметральном разрыве, МПа, не менее	34	36,6
Предел прочности при изгибе, МПа, не менее	50	70,7
Водопоглощение, мкг/мм ³ , не более	50	14,1
Водорастворимость, мкг/мм ³ , не более	5	3,4
Рабочее время, мин, не менее	1,5	1,7
Время отверждения, мин, не более	5	3,5

Разработан композиционный стоматологический материал химического отверждения на основе алюмофторсиликатного стекла, обладающий комплексом необходимых свойств, в том числе эстетических.

Н. В. КУРОЧКИН, А. М. РОВСКИЙ
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»

Могилев, Беларусь

Среди агрегатов ударного действия наиболее часто встречаются молотковые измельчители, низкая эффективность которых обусловлена неорганизованным процессом движения измельчаемого материала в камере измельчения. Также эффективность агрегатов невелика по причине снижения силы повторных ударов рабочих органов о материал.

С целью устранения вышеперечисленных недостатков и совершенствования агрегатов ударного действия предлагаются следующие конструктивные решения:

– установить рабочую камеру измельчителя под углом, что позволит регулировать время прохождения материала через рабочую камеру, тем самым можно получить готовую продукцию необходимой степени измельчения;

– выполнить камеру измельчения отдельными секциями с различным диаметром, что позволит снизить окружную скорость материала, тем самым увеличить эффективность каждой секции рабочей камеры;

– оснастить рабочий орган различными ударными элементами, такими как била, диски, ножи, цепи, фрезы и т. д., что позволит расширить спектр измельчаемого материала, делая агрегат более универсальным.

На рис. 1 представлен агрегат ударного действия, в котором реализованы некоторые конструктивные решения.

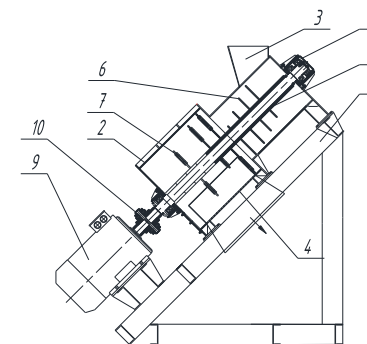


Рис. 1. Молотковый измельчитель с наклонным корпусом: 1 – рама; 2 – корпус; 3,4 – камеры загрузки и выгрузки; 5 – рабочий орган; 6,7 – ударные элементы; 8 – подшипниковые опоры; 9 – электродвигатель; 10 – муфта

А. А. КУНАНЕЦ

Научный руководитель В. И. СЕМЧЕН
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
Могилев, Беларусь

Существующие крановые тележки, используемые в отечественном краностроении, технически и морально устарели, однако используются до сих пор и имеют большую металлоемкость. Объектом исследования стала грузовая тележка, в которой предметом исследования стала кабина оператора. В настоящее время широко используются такие методики как метод конечных элементов, топологическая оптимизация. Для модернизации кабины грузовой тележки была проведена топологическая оптимизация кабины.

Топологическая оптимизация – изменения в конструкции, включающие создание новых границ тела и удаление существующих. Целью топологической оптимизации является увеличение или уменьшение заданного свойства конструкции (например, снижение материалоемкости).

Целевой функцией при топологической оптимизации выбрана податливость конструкции, при этом ставилась задача ее минимизации (т. е. повышения жесткости) при заданном объеме оставшегося материала.

Для топологической оптимизации силового каркаса кабины управления с подвесом выбраны следующие расчетные режимы:

1) статический режим с нагрузкой внутри кабины от оператора и пульта управления массой общей 250 кг (ГОСТ 33173.1–2014);

2) статический режим с нагрузкой от оператора внутри кабины и пульта управления, а также от действия распределенной нагрузки величиной $4,5 \text{ кН/м}^2$ по всей площади тамбура (ГОСТ 32576.1–2015);

3) удар тележки кабины, нагруженной массой оператора и пульта управления, в буфер при движении вперед (назад) с замедлением равным 3 м/с^2 .

По результатам топологической оптимизации установлено, что изменение металлоконструкции кабины целесообразно. Новая конструкция имеет ряд неоспоримых преимуществ, таких как простота сборки конструкции, взаимозаменяемость элементов конструкции, существенное сокращение сроков ремонта кабины, низкая металлоемкость кабины, позволяющая снизить нагрузку на конструкцию самого крана.

Модернизация грузовой тележки, а именно кабины козлового крана, позволила изменить конструкцию кабины, снизить металлоемкость кабины и увеличить остаточный ресурс металлоконструкции крана.

А. З. ЯНГУРАЗОВА, С. Н. КИРЕЕВА,

Научный руководитель С. Ю. КИРЕЕВ, д-р техн. наук, проф.
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»
Пенза, Россия

Одним из направлений развития современного гальванического производства является применение нестационарных режимов электролиза, в частности, использование переменного тока для питания гальванической ванны. Поляризация электродов переменным током имеет ряд преимуществ перед стационарным режимом.

Проведены исследования влияния различных форм тока и режимов питания гальванической ванны на скорость процесса электроосаждения покрытий металлами, выход по току металлов, качество покрытий и их свойства, а также на состав электроосажденных сплавов. В результате проведенных исследований установлено, что в наибольшей степени на процесс электрокристаллизации металлов и сплавов оказывает влияние потенциостатический импульсный режим (ПИР) электролиза с использованием прямоугольной формы импульсов потенциала.

Данный режим поляризации электрода позволяет значительно повысить скорость процесса, особенно если лимитирующей стадией процесса является стадия транспортировки. По сравнению со стационарным режимом электролиза скорость в ПИР выше для никеля в 1,4...1,5 раз (смешанная кинетика), цинка – в 3,5...4,0 раза (диффузионная кинетика) и олова – в 4,5...5,3 раза (диффузионная кинетика).

При электроосаждении сплавов в данном режиме появляется возможность управлять составом сплава путем изменения параметров поляризующих импульсов. Свойства получаемых покрытий в ПИР отличаются от свойств покрытий, сформированных в других режимах, в частности, значительно возрастает коррозионная стойкость и износостойкость покрытий, а также уменьшается пористость.

УДК 621
ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ОТВЕРЖДЕНИЯ
ДЕТАЛЕЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ч. ЯНЯН

Научный руководитель Г. В. МАЛЫШЕВА, д-р техн. наук, проф.
ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет
им. Н. Э. Баумана»
Москва, Россия

Проблеме оценки кинетики процессов отверждения уделяется большое внимание, поскольку эта технологическая операция является завершающей и относится к наиболее продолжительным и энергоемким. Типовой технологический процесс отверждения состоит из пяти участков: на первом участке имеет место повышение температуры до точки гелеобразования; на втором – выдержка при этой температуре; на третьем – нагрев до температуры отверждения; на четвертом – выдержка; на пятом – охлаждение. Время и температура выдержки на четвертом участке полностью зависят от химической структуры используемого связующего и задается его разработчиками. Цель исследования – оптимизация режимов отверждения, объект исследования – эпоксидное связующее. За критерии оптимизации приняты два параметра: продолжительность процесса нагрева на участках до и после точки гелеобразования и перепад температур на каждом участке, где проводится нагрев (данные критерии являются взаимоисключающими). При оптимизации используем два метода: метод взаимных уступок и метод идеальной точки. В качестве исходных данных для проведения оптимизации были использованы результаты ранее проведенных экспериментальных исследований. Теплоемкость связующего оценивали методом дифференциально сканирующей калориметрии, теплопроводность – методом лазерной вспышки. Значения теплоемкости и теплопроводности оценивали непосредственно в процессе отверждения (для жидкого, гелеобразного и твердого состояния с разной степенью конверсии). Установлено, что при использовании метода взаимных уступок оптимальной является скорость нагрева в 5,5 °С/мин на первом и третьем участках. Если проводить оптимизацию по методу идеальной точки, то оптимальной является скорость нагрева 3 °С/мин (на первом участке) и 7 °С/мин (на третьем). Продолжительность процесса нагрева при первом варианте оптимизации на 14 % меньше, чем при втором, однако для него имеет место большой перепад максимальных значений температур: 20,3 °С (на первом этапе) и 9,4 °С (на втором). При оптимизации методом идеальной точки с использованием режимов нагрева 3 °С (на первом участке) и 7 °С (на третьем участке) перепады температур составляют 13,3 °С и 13,0 °С. Таким образом, именно этот режим и является оптимальным для данного типа связующего.

УДК 637.02
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА
БЕЛКОВОГО ПРОДУКТА ИЗ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ

Г. В. ЖДАНКИН, О. В. МИХАЙЛОВА

Научный руководитель Г. В. НОВИКОВА, д-р техн. наук, проф.
ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная
академия»
Нижний Новгород, Россия

На основе анализа технологических схем производства белкового корма из вторичного сырья животного и растительного происхождения разработана технология переработки отходов животного происхождения, обеспечивающая повышение кормовой ценности продукта новой субстанции путем воздействия электромагнитного поля сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ). Традиционная технология производства белкового корма из вторичного сырья предусматривает использование вакуумного котла, экструдера и гранулятора. В первом случае белковый продукт будет в виде мясокостной муки, а во втором и третьем – гранул. Операционно-технологическая схема (ОТС) включает сбор сырья, варка при температуре 130 °С и давлении 0,4 МПа, обезвоживание, сушка, упаковка муки. Преимущество такой технологии – длительный срок хранения. Недостатки – длительный процесс, низкая усвояемость (40 %), высокие эксплуатационные затраты (30 кВт·ч/т сырья и пара 1200 кг/т). При использовании экструдера или гранулятора ОТС почти совпадают, за исключением температуры и давления. Это сбор сырья и обезвоживание до 40 %, смешивание растительным наполнителем. Экструдирование сырья при температуре 200 °С, давлении 4–5 МПа и энергетических затратах 0,26 кВт·ч/кг, а гранулирование – 80 °С, давлении 0,4 МПа и энергетических затратах 0,15–0,2 кВт·ч/кг. Но при экструдировании содержание протеина становится ниже в 14–20 %, а при гранулировании – крахмал в легкоперевариваемые сахара не переводится. С учетом анализа традиционных технологий разработана микроволновая технология производства нового белкового продукта, в виде вареной массы, влажностью 20 %.

ОТС включает сбор сырья влажностью до 65 %, измельчение, обезвоживание до 30–35 %, термообработка и обеззараживание твердой фракции в ЭМП СВЧ при температуре 80–100 °С и напряженности электрического поля выше 1,5 кВ/см в процессе перемешивания. Далее выгрузка продукта, упаковка вареной массы. Преимущества проектной технологии – увеличение переваримости протеина и пищевых волокон, аминокислоты не разрушаются, крахмал желатинизируется, что увеличивает степень усвояемости, жиры равномерно распределяются, низкие энергетические затраты 0,15–0,2 кВт·ч/кг. Но срок службы магнетронов не более 5 тыс. ч, и необходимо соблюдать правила электромагнитной безопасности.

Разработанная СВЧ установка с комбинированным резонатором, имеющим кольцевую щель, образованной между полусферой и образующей цилиндра, состыкованного с наклонным конусом, обеспечивает подачу измельченного и обезвоженного сырья в резонатор для термообработки.

УДК 621.926
СПОСОБ МОДИФИКАЦИИ И УПРОЧНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ
ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

А. В. ГУРКИНА
Научный руководитель Л. А. СИВАЧЕНКО, д-р техн. наук, проф.
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
Могилев, Беларусь

Древесина является одним из самых распространенных материалов для строительной промышленности, мебельного производства и других отраслей производства.

При анализе информации по улучшению свойств древесины выявилось, что существующие способы недостаточно выполняют поставленные задачи по упрочнению поверхностей, а также являются трудоемкими и затратными в реализации.

Данный способ заключается в предварительной подготовке поверхности изделия и нанесении на поверхность модифицирующего состава. В качестве такого состава могут применяться различные виды антисептиков, лаков, красок, а также вводиться мелкодисперсная металлическая крошка или различные минералы, измельченные до микрочастиц.

Далее следует упрочнение поверхности после нанесения модифицирующего состава путем воздействия на поверхность металлическими стержнями различных диаметров с закругленными торцами. Данная обработка за счет высоких контактных напряжений при малых поверхностях воздействия, а также большом количестве и высокой частоте их воздействия на обрабатываемую поверхность, повышает прочность поверхностного слоя на межволоконном уровне.

При необходимости в получении более ровной поверхности проводится ее выглаживание металлическими шарами, которое приводит к уменьшению или полному сглаживанию рельефной поверхности.

При использовании данного способа модификации и упрочнения поверхностей деревянных конструкций, можно значительно повысить прочность и качество самой поверхности, защиту ее от неблагоприятных факторов окружающей среды, а также расширить область применения не только в строительстве, но и в других областях.

Предлагаемый способ позволит снизить часть затрат на модификационные составы, путем совмещения пропитки и механического воздействия, что повысит качественные характеристики поверхностей деревянных конструкций. Также уменьшится количество механической обработки, что приведет к повышению прочности за счет сохранения части природной межволоконной прочности и увеличения прочности после точечной механической обработки.

УДК 621.791.75
СВАРОЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭЛЕКТРОДОВ С
РУТИЛОВЫМ ВИДОМ ПОКРЫТИЯ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕТАЛЛА СВАРНЫХ ШВОВ

А. Р. АБДУРАХМАНОВА
Карагандинский государственный технический университет
Караганда, Казахстан

Исследования сварочно-технологических свойств электродов марки KAZWELD-2 с рутиловым видом покрытия показали, что первоначальное возбуждение дуги осуществляется очень легко. Дуга горит мягко и устойчиво. Значительная разрывная длина дуги свидетельствует о высокой стабильности ее горения.

Электроды KAZWELD-2 обладают стабильным повторным возбуждением дуги в течение достаточно продолжительного времени после специального обрыва дуги. Сварочная дуга горит мягко, спокойно с малым разбрызгиванием. Коэффициент потерь ψ не превышает 8 %. Коэффициент расплавления составляет 9,2 г/А·ч. Покрытие электрода плавится равномерно, образующийся шлак не мешает наблюдению за расплавленным металлом сварочной ванны и обеспечивает качественное формирование металла шва. Шлак, покрывающий сварочный шов, имеет темный цвет с голубым оттенком. Шлак объемный и испещрен газовыми порами с внутренней поверхности. Уже в горячем состоянии шлак начинает растрескиваться в некоторых местах. После остывания шлаковая корка легко отделяется с поверхности металла сварного шва.

Результаты химического анализа наплавленного металла, выполненного электродами KAZWELD-2, представлены в табл. 1, а результаты механических испытаний сварных швов – в табл. 2.

Табл. 1. Химический состав металла, наплавленного электродами KAZWELD-2, мас. %

Название элемента	Углерод (C)	Марганец (Mn)	Кремний (Si)	Хром (Cr)	Сера (S)	Фосфор (P)
Пределы изменения	0,08-0,11	0,40-0,56	0,14-0,26	0,01-0,08	0,011-0,024	0,027-0,039

Табл. 2. Механические свойства металла швов при использовании электродов KAZWELD-2

Наименование показателя	Предел прочности, σ_b , МПа	Предел текучести, σ_t , МПа	Относительное удлинение, σ , %	Относительное сужение, ψ , %	Ударная вязкость КСЧ, Дж/см ² , при температурах	
					20 °С	-40 °С
Пределы изменения	490-535	300-390	22,3-24,7	44,5-51,3	128,7-167,2	51,3-67,2

Электроды рекомендуются для сварки малоуглеродистых и низколегированных сталей в промышленности и строительстве.

Р. ГАБДЫСАЛЫК

Научный руководитель К. Т. ШЕРОВ, д-р техн. наук, проф.
Карагандинский государственный технический университет
Караганда, Казахстан

В Республике Казахстан одной из главных технических задач транспортировки нефти и нефтепродуктов является создание высокоорганизованной системы коммуникаций трубопроводного транспорта. Исследования состояния производства трубопроводной арматуры в условиях трубопроводных заводов, в частности, в условиях АО «Усть-Каменогорский арматурный завод» показали, что для обеспечения высокой надежности и полной экологической безопасности системы коммуникаций трубопроводного транспорта необходимо повышение качества изготовления трубопроводной арматуры и других элементов системы трубопроводного транспорта, путем использования новых перспективных разработок в области механической обработки, сборки, сварки и др. Также было выявлено, что существенным фактором возникновения дефектов в сварных швах является человеческий фактор: утомляемость, морально-психологическое и физическое состояние рабочего, случайные действия сварщика несовместимые с требованиями технологии сварки. Решением вышеупомянутых проблем является использование робототехнических комплексов при сварке узлов задвижек. Для использования роботов необходима тщательная подготовка свариваемых кромок путем механической обработки и сборки под сварку, обеспечивающая высокую точность для качественного провара корня шва.

Стоит вопрос механической обработки отверстий с криволинейной поверхностью под сварной шов в цилиндрическом корпусе соединений «магистральные патрубки–корпус», расположенных на взаимно-перпендикулярных поверхностях. Для решения данной проблемы разработан способ термофрикционного фрезерования и конструкция специальной конусной фрезы трения. Обработку отверстий с криволинейной поверхностью можно произвести на станке с ЧПУ. С этой целью была разработана управляющая программа в среде NX CAM для обработки больших отверстий с криволинейными поверхностями на станке с ЧПУ. Для сварки узла «корпус-патрубки» используется сварочный робот CLOOS Romat 76 AW с системой управления ROTROL 16.

В работе предусмотрен импульсно-дуговой процесс сварки, который позволяет производить сварку с обратным формированием корня шва.

П. А. ГРИШАНОВ

Научный руководитель В. А. ТАТАРИНЦЕВ, канд. техн. наук, доц.
ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»
Брянск, Россия

Цель исследования – разработка методики оптимизации прочностной надежности элементов грузовых вагонов, основанной на минимизации суммы приведенных затрат на изготовление, ремонт и устранение ущерба от отказов. Для принятой на железнодорожном транспорте системы технического обслуживания и ремонтов грузовых вагонов отказы их элементов по причине потери прочности условно разделяются на:

- частичные (трещины от усталости или перегрузок, обнаруженные в поездном режиме или при плановом ремонте);
- полные (разрушение детали с разделением ее на части при отсутствии и наличии трещин).

По последствиям – неаварийные и аварийные. Ущерб от отказов оценивается величиной затрат на ремонт и устранение последствий отказов. Построена математическая модель оптимизации надежности, отражающая возможные виды отказов, стадии изготовления и эксплуатации машины, систему технического обслуживания и ремонтов, последствия различных отказов в виде:

$$Z = C_{\text{и}} + C_{\text{р}} \sum_{i=1}^k (Q_{\text{тп}i} + Q_{\text{тп}i}) \alpha^{-it_{\text{р}}} + C_{\text{у}} \sum_{i=1}^k [Q_{\text{н}i} + (Q_{\text{тп}i} + Q_{\text{тп}i}) Q_i^{\text{усл}}] \alpha^{-it_{\text{р}}}.$$

Здесь Z – приведенные суммарные затраты; $C_{\text{и}}$ – стоимость изготовления; $C_{\text{р}} = P_1 C_1 + P_2 C_2$, C_1 и C_2 – средняя стоимость соответственно планового и непланового ремонта, P_1 и P_2 – вероятность обнаружения трещин в плановом ремонте и при осмотре соответственно; i – порядковый номер межремонтного периода; $t_{\text{р}}$ – межремонтный период; $Q_{\text{тп}i}$, $Q_{\text{тп}i}$ – соответственно вероятность появления в i -й период времени трещин от перегрузки и усталости; $Q_i^{\text{усл}}$, $Q_{\text{н}i}$ – вероятность полного разрушения при условии наличия или отсутствия трещины соответственно; коэффициент приведения разновременных затрат; $C_{\text{у}} = C_{\text{и}} + U - Л$, U – затраты на устранение ущерба, $Л$ – ликвидационная стоимость детали.

Если полные отказы могут привести к аварийным ситуациям, то вводится ограничение $P_6 = 1 - \sum_{i=1}^k [Q_{\text{н}i} + (Q_{\text{тп}i} + Q_{\text{тп}i}) Q_i^{\text{усл}}] \geq [P_6]$, где P_6 – вероятность безотказной работы на транспорте. Приведенную методику применяли также для оценки оптимальных коэффициентов запаса прочности.

И. В. ГРИГОРЬЕВ

ФГБОУ ВО «Якутская государственная сельскохозяйственная академия»
Якутск, Россия

Значительные запасы лесов России находятся в районах с резко континентальным климатом, и зимой мороз там часто превышает -50°C . Такие экстремальные температуры накладывают свои ограничения не только на работу персонала, но и на работу лесных машин.

Для облегчения пуска в мороз используют предпусковой обогреватель. В сильные морозы, превышающие -35°C , лесозаготовительную технику необходимо останавливать для предотвращения ее выхода из строя.

Основными отказами, к которым приводит сильный мороз, являются поломки металлоконструкций, поскольку при сильной отрицательной температуре сталь становится хрупкой и может трескаться. Это же можно сказать о колесах, резина покрышек которых, при сильных морозах заметно теряет свою эластичность и становится хрупкой.

Для предотвращения поломок гидросистемы в мороз, важно использовать соответствующее масло с пониженной вязкостью. В инструкциях к лесозаготовительным машинам даны рекомендации по выбору масла, соответствующего конкретным условиям эксплуатации.

Многочисленные производители масел для гидросистем производят и арктические масла, застывающие при температурах ниже -50°C , например, масла с индексом 15, но, поскольку эксплуатировать лесные машины при морозе более -35°C нельзя, то для них, при эксплуатации в зимнее время, рекомендуется масло с индексом 32, застывающее при температуре -45°C .

Если машина была заглушена при сильном морозе, то после ее запуска необходимо прогреть гидросистему, включить протяжку вальцов, ротор, на холостом ходу. Только после того, как температура рабочей жидкости достигнет $+40^{\circ}\text{C}$, можно начинать выполнять рабочие функции, в противном случае, при холодном масле гидросистема может быстро выйти из строя.

Если лесозаготовителю необходимо большую часть времени работать в условиях сильных морозов, но до -35°C , можно модернизировать харвестер и форвардер, заказав и установив специальные рукава высокого давления и залив оптимальное масло. В любом случае, это не будет машина «арктического исполнения», способная работать в экстремально низкие морозы, и ограничение температуры в -35°C остается.

А. О. КОРОТЕЕВ

ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
Могилев, Беларусь

Решение вопросов повышения производительности сварки и качества сварных соединений из алюминиевых сплавов является актуальной задачей. Одной из современных технологий сварки таких материалов является система, основанная на дуговой сварке в среде аргона плавящейся электродной проволокой, совершающей возвратно поступательное движение, что позволяет создать уникальные условия для переноса электродного металла в сварочную ванну с минимальным тепловложением в основной материал. Это особенно актуально для термоупрочняемых алюминиевых сплавов системы легирования Al-Mg-Cu (Д16, Д16Т, Д19 и т.д.), имеющих повышенную, относительно сплавов системы Al-Mg, прочность и низкую пластичность, что обуславливает высокую вероятность появления трещин при сварке.

Рассмотрим влияние зазора между свариваемыми деталями и качества поверхности на формирование стыкового сварного соединения при автоматической сварке без поперечных колебаний проволоки с остающейся подкладкой и без нее. Установлено, что обеспечить проплавление остающейся подкладки при увеличенном зазоре в таком варианте выполнения сварного соединения чрезвычайно сложно и неэффективно из-за блуждания дуги между кромок свариваемых деталей. В то же время уменьшение величины зазора между пластинами приводит к затруднению эффективного разрушения и удаления частиц оксидной пленки подкладки и ее выход на поверхность сварочной ванны из стыка поверхностей подкладки и пластин.

Несмотря на это, по результатам механических испытаний и металлографических исследований установлено, что формируемое соединение не содержит внутренних дефектов и выдерживает нагрузки, соответствующие пределу прочности присадочного материала.

Установлены оптимальные зависимости между параметрами режима, позволяющие получить формирование обратного валика на подкладной пластине без ее проплавления.

УДК 621.791.763.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОСЛОЙНОЙ ДУГОВОЙ
НАПЛАВКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ ИМПУЛЬСНОЙ
ПОДАЧИ ПРОВОЛОКИ (СМТ FRONIUS)

А. О. КОРОТЕЕВ, В. П. ДОЛЯЧКО
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
Могилев, Беларусь

Наиболее распространенным способом создания изделий, основанным на использовании аддитивных технологий, является способ селективного лазерного спекания специальных металлических порошков. Эта технология связана с использованием сложнейшего оборудования и расходных материалов.

Вместе с тем, перспективным и недостаточно исследованным является использование для таких целей дуговых сварочных технологий, характеризующихся повышенным коэффициентом наплавки при минимальном проплавлении и тепловложении в основной материал. Одной из таких технологий является система СМТ, предложенная фирмой Fronius.

Представлены результаты исследований возможностей использования рассматриваемой технологии для выполнения послойной наплавки без зачистки промежуточных слоев на пластину проволоками типа G4Si1 в среде углекислого газа. Результаты механических испытаний на статическое растяжение, статический и ударный изгиб образцов, механически вырезанных из наплавки вдоль и поперек наплавленных слоев показали, что образцы наплавленного металла обладают необходимым комплексом характеристик и по значениям временного сопротивления разрыву, углу изгиба и ударной вязкости соответствуют требованиям, предъявляемым к присадочному материалу.

Спектральный оптико-эмиссионный анализ химического состава наплавки показал, что содержание основных легирующих элементов (Mn и Si) не уменьшается по мере увеличения количества слоев, что говорит о постоянстве химического состава и отсутствии ликвационной неоднородности. Макрометаллографические исследования подтвердили отсутствие шлаковых включений между отдельными слоями, что свидетельствует о создании необходимых условий для всплытия продуктов реакций раскисления на поверхность валика последующего слоя.

Полученные результаты подтверждают эффективность предлагаемого способа создания пространственных деталей методом послойного наращивания. Дальнейшие исследования направлены на минимизацию ширины наплавленного слоя и возможностей создания сложных геометрических траекторий наплавки.

УДК 621.791.763.2

О ПОВЫШЕНИИ ПРОЧНОСТИ СОЕДИНЕНИЙ ОЦИНКОВАННЫХ
ВИНТОВ С ПЛАСТИНОЙ ИЗ ГОРЯЧЕКАТАНОЙ СТАЛИ ПРИ
РЕЛЬЕФНОЙ СВАРКЕ «ОСТРОЙ ГРАНЬЮ»

Л. В. ЯКОВЕНКО, В. Г. ЧЕШКИН, И. Н. СМОЛЯР
Научный руководитель С. М. ФУРМАНОВ, канд. техн. наук, доц.
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
Могилев, Беларусь

Горьчекатаные стали имеют на поверхности неудаленную окалину. При контактной точечной сварке наличие окалины повышает сопротивление контактов до 60...1000 мкОм. Окалина обладает высокой плотностью и низкой теплопроводностью, ее температура плавления ниже, чем у основного металла. По мере нагрева до пластичного состояния окалина не полностью удаляется из зоны контактов, что ведет к перегреву электродов и существенному снижению их стойкости. Прочность сварных соединений при этом нестабильная и значительно уменьшается при выплесках расплавленного металла, иногда до полной потери прочности.

На минском предприятии ОАО «Белкоммунмаш» при производстве троллейбусов для установки сидений изготавливается переходная плита, состоящая из пластины толщиной 4 мм (горьчекатаная сталь ст3пс), к которой привариваются восемь оцинкованных винтов М8 с потайной головкой (ГОСТ 17475-80). На предприятии плиту переходную изготавливают механизированной дуговой сваркой.

Замена дуговой сварки на рельефную дает значительное увеличение производительности и экономию сварочных материалов. Кроме того, при рельефной сварке «острой гранью» создаются благоприятные условия для расплавления и полного вытеснения окалины из зоны контакта «деталь-деталь». Появляется возможность сварки без зачистки поверхности горячекатаной стали. Применение винтов с потайной головкой исключает дополнительные расходы, связанные с изготовлением рельефа.

Для реализации процесса рельефной сварки была предложена циклограмма с током подогрева $I_{\text{ПОД}} = 9,5$ кА длительностью $\tau_{\text{ПОД}} = 0,3$ с и повышенным ковочным усилием. При режиме сварки (сварочный ток и длительность его протекания $I_{\text{СВ}} = 19$ кА, $\tau_{\text{СВ}} = 0,3$ с, усилие сжатия при сварке и проковке $F_{\text{СВ}} = 4$ кН, $F_{\text{КОВ}} = 14,5$ кН, длительность проковки $\tau_{\text{КОВ}} = 0,3$ с) среднее значение усилия на отрыв соединений $F_{\text{ОТР}}$ составило 12,23 кН.

При увеличении усилий сжатия при сварке и проковке до значений $F_{\text{СВ}} = 5$ кН, $F_{\text{КОВ}} = 19$ кН усилие на отрыв $F_{\text{ОТР}}$ снизилось до 7,95 кН.

Значительный эффект повышения прочности достигается при снижении усилий до величин $F_{\text{СВ}} = 3$ кН, $F_{\text{КОВ}} = 10$ кН, при этом среднее значение усилия на отрыв $F_{\text{ОТР}}$, при отсутствии выплесков, составило 34,4 кН.

УДК 621.791.763.2
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОДА КОРРЕКТИРУЮЩЕЙ
СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ МОЩНОСТИ ТЕПЛОВЛОЖЕНИЯ ПРИ
КОНТАКТНОЙ СВАРКЕ

Д. Н. ЮМАНОВ, Л. В. ЯКОВЕНКО, И. Н. СМОЛЯР
Научный руководитель С. М. ФУРМАНОВ, канд. техн. наук, доц.
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
Могилев, Беларусь

Программный код корректирующей системы автоматического регулирования мощности тепловложения в межэлектродную зону при контактной сварке реализован в среде LabView.

Запуск программы осуществляется нажатием на педаль пуска SB1 машины контактной сварки. При этом срабатывает цифровой триггер на входе PF10 и запускает блок цикла сварки, который с помощью таймеров-счетчиков отсчитывает интервалы времени предварительного сжатия, сварки, проковки, паузы и управляет включением катушек электропневмоклапанов сжатия и проковки, а также задает напряжение управления U_y для блока БУСТ2 для определения начального угла открытия тиристорov α_n и подключения сварочного трансформатора TV1 к сети.

Начало сварки определяется цифровым триггером PF11, срабатывающим после отсчета предварительного сжатия. В процессе сварки с помощью датчиков тока и напряжения измеряется сетевое напряжение U_1 трансформатором TV2 (аналоговый вход AI0), напряжение межэлектродной зоны $U_{ЭЭ}$ (аналоговый вход AI2) и сварочный ток I_2 (дифференциальный аналоговый вход AI3 – AI11). Начало расчета действующих значений параметров U_1 , $U_{ЭЭ}$, I_2 определяется с помощью аналогового триггера APFI 0, на который подается сигнал напряжения с трансформатора TV2. На основании $U_{ЭЭ}$ и I_2 рассчитывается мощность тепловложения в межэлектродную зону $P_2 = U_{ЭЭ} \cdot I_2$ в текущем полупериоде.

Во время протекания тока блок БУСТ2 формирует прямоугольный импульс включенного состояния тиристорov λ , поступающий на вход счетчика ctr0 (PF19), который измеряет его ширину. По аппроксимирующим зависимостям определяются коэффициент мощности $\cos \varphi = f(\alpha_n, \lambda)$ и коэффициент регулирования полной мощности $K_{SA} = f(\alpha_n, \cos \varphi)$ сварочной машины. Зная мощность тепловложения P_2 в текущем полупериоде, можно найти полнофазную мощность $P_{2П} = P_2 / K_{SA}$ и коэффициент регулирования мощности в $(n + 1)$ -ом полупериоде $K_{Sn+1} = P_{3АД} / P_{2П}$.

Задание мощности тепловложения $P_{3АД}$ осуществляется в табличном виде с интервалом 10 мс, равным полупериоду сетевого напряжения.

Выключение тока происходит при задании нулевой мощности, при этом начинается отчет времени проковки сварного соединения.

УДК 621.791.763.2
КОНТАКТНАЯ РЕЛЬЕФНАЯ СВАРКА НА ПЕРЕМЕННОМ ТОКЕ
ДНИЩА И ПАТРУБКА ИЗ КОРРОЗИОННО-СТОЙКОЙ СТАЛИ 12Х17

А. Ю. ПОЛЯКОВ, А. А. СТЕПАНОВ
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
Могилев, Беларусь

Контактная рельефная сварка (КРС) нахлесточных соединений из листового металла толщиной до 1...5 мм с выштампованными рельефами круглой сферической, продолговатой или кольцевой формы, затруднений обычно не вызывает. Благодаря относительно небольшим размерам таких рельефов и малой толщине свариваемых листов высокая плотность тока в контактах деталь–деталь при относительно малых их площадях позволяет эффективно нагревать в межэлектродной зоне не только детали из углеродистой стали, но и из высоколегированной (теплопроводность которой ниже в 3...5 раз).

Для круглых сферических рельефов на листах конкретных толщин в литературе по сварке давлением имеются рекомендации по выбору основных параметров режима КРС, таких как величина и длительность протекания импульса тока, а также усилие сжатия электродов.

Для рельефов продолговатой, кольцевой или иной формы, отличной от круглой сферической, режимы сварки рассчитываются по уравнению теплового баланса (УТБ) после оценки предполагаемых объемов взаимного расплавления металла деталей V_p и теплоотвода V_T в основной металл и в электроды (с учетом их теплофизических свойств).

При этом на предприятиях пищевой промышленности часто возникает необходимость приварки патрубков трубчатой формы (по кольцевым рельефам на их торцах) к плоским днищам емкостей способом КРС на переменном токе (материал – сталь 12Х17). В таких случаях получить прочное и герметичное соединение весьма затруднительно.

С одной стороны, площади контактов электрод–деталь, деталь–деталь, толщина плоской детали (днище), а также длины участков условного теплоотвода в соответствующие объемы металла деталей и электродов, в совокупности, позволяют определить по УТБ суммарное количество энергии, необходимой для ввода в межэлектродную зону. С другой стороны, длина стандартных патрубков составляет 30...70 мм и более, что при КРС на переменном токе не позволяет одинаково эффективно разогревать металл обеих деталей вблизи контакта деталь–деталь (торец патрубка расплавляется, а металл днища нет).

Изменение угла наклона и объема рельефа, формы контактной поверхности электродов, а также вариация параметра F_{CB} не позволяют решить данную проблему. В таком случае необходимо использовать максимально жесткие режимы КРС с последующей корректировкой УТБ.

УДК 621.791.763.2
ОБ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ ПОДТВЕРЖДЕНИИ АДЕКВАТНОСТИ
УРАВНЕНИЯ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСА, РАЗРАБОТАННОГО ДЛЯ
ПРОЦЕССА КОНТАКТНОЙ РЕЛЬЕФНОЙ СВАРКИ

А. Ю. ПОЛЯКОВ, А. А. СТЕПАНОВ
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
Могилев, Беларусь

При контактной рельефной сварке (КРС) нахлесточных соединений листов толщиной 1...5 мм, наиболее часто применяемых в промышленности, для формирования зон взаимного расплавления металла деталей в межэлектродную зону необходимо вводить определенное количество энергии $Q_{ЭЭ}$, значительная часть которой $Q_{ПОТ}$ используется неэффективно и затрачивается на теплоотвод в основной (холодный) металл деталей и в электроды (тепловые потери).

Уравнение теплового баланса (УТБ), как правило, применяемое для процесса контактной точечной сварки (КТС), позволяет рассчитать количество энергии, необходимой для ввода в межэлектродную зону, но при известных значениях стабилизированного сопротивления этой зоны $R_{ЭЭ}$ и длительности протекания импульса тока $\tau_{СВ}$, после чего по закону Джоуля-Ленца вычисляется требуемый сварочный ток $I_{СВ}$. При этом объемы металлов свариваемых деталей и электродов, фактически подвергающиеся нагреву от $1/8 T_{ПЛ}$ до $T_{ПЛ}$ ($T_{ПЛ}$ – температура плавления металла свариваемых деталей), во многом определяются диаметрами контактных поверхностей электродов, т. к. при расчетах по ним вычисляются площади контактов деталь–деталь и электрод–деталь (что является допущением). Вторым допущением является предположение, что условный столбик металла свариваемых деталей, достигающий температуры, близкой к $T_{ПЛ}$, имеет высоту, равную суммарной толщине этих деталей (при их толщине 1...5 мм).

При таком подходе форма литой зоны в поперечном сечении макрошлифа для КТС близка к прямоугольной, что косвенно подтверждает адекватность вышеуказанных допущений в расчетах.

Однако при КРС форма литой зоны в этом же сечении близка к эллипсоидной, причем по высоте данная зона существенно меньше суммарной толщины свариваемых деталей. Это связано с имеющейся динамикой увеличения площади контакта деталь–деталь, а также с увеличенной площадью контактных поверхностей электродов при КРС (в сравнении с КТС), которых УТБ, приведенное в литературе, не учитывает.

УТБ, ранее разработанное авторами, позволяет учесть эти особенности, но его адекватность должна подтвердиться экспериментами по КРС листов из н/у стали толщинами (мм): 1,5 + 1,5; 2 + 2; 3 + 3.

УДК 621.791.763.2
ПРИМЕНЕНИЕ СОВМЕЩЕННОГО
ЭЛЕКТРОТЕРМО-МЕХАНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРИ ЧИСЛЕННОМ
МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССА РЕЛЬЕФНОЙ СВАРКИ

Ю. С. ХРУЛИНДИК, Д. Н. ЮМАНОВ, В. Г. ЧЕШКИН
Научный руководитель С. М. ФУРМАНОВ, канд. техн. наук, доц.
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
Могилев, Беларусь

Многие задачи, с которыми в настоящее время сталкиваются исследователи, не поддаются аналитическому решению либо требуют огромных затрат на экспериментальную реализацию. Прогресс в разработке численных методов и компьютерного моделирования позволил существенно расширить круг задач, доступных анализу.

При контактной рельефной сварке (КРС) трудно контролировать рост и размеры сварного соединения. Сложность возникает из-за взаимодействующих электрических, механических, термических и металлургических процессов. Температурное поле, возникновение дефектов, распределение напряжений и деформаций на разных этапах сварки невозможно определить экспериментальным путем.

Все формализуемые процессы, происходящие при сварке, могут быть описаны математической моделью, которая в общем случае представляет собой систему дифференциальных уравнений, дополненную краевыми условиями. Расчетная геометрическая модель при этом не должна содержать всех подробностей, которые усложняют расчет или делают его невыполнимым.

При разработке методики математического моделирования электро-термодеформационных процессов при КРС, основанной на 2D-моделировании в программном продукте ANSYS, электрические, термические и механические процессы могут быть сформулированы отдельно, а затем связаны друг с другом во время расчета, основываясь на взаимной зависимости переменных процесса. Удобно рассматривать электрические и тепловые процессы вместе, тогда как связь с механическим процессом может реализовываться путем подключения тепловой нагрузки при анализе напряженно-деформированного состояния.

При этом для КРС наиболее важную роль играет решение контактных задач, включающее следующие шаги: создается конечно-элементная сеточная модель; устанавливаются контактные пары; задаются целевая и контактная поверхности; определяются необходимые константы контактных элементов и опции контакта; накладываются граничные условия (силы, закрепления); задаются опции нагружения и решения; выполняется решение задачи; производится анализ результатов.